

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

С. В. Залесов  
Г. В. Куксин  
И. М. Секерин

## **ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

Учебное пособие

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

УДК 630.432.3(252.6)(075.8)

ББК 43.488я73

3-23

Рецензенты:

кафедра лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина», доцент, д-р с.-х. наук *Ф. Н. Дружинин*;

*А. А. Кректунов*, канд. с.-х. наук, доцент, начальник кафедры надзорной деятельности и права Уральского института государственной противопожарной службы МЧС России

**Залесов, Сергей Вениаминович.**

3-23 Оборудование и инструменты для обнаружения и обследования горфяных пожаров / С. В. Залесов, Г. В. Куксин, И. М. Секерин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. – 94 с.

ISBN 978-5-94984-920-0

В учебном пособии изложены способы обнаружения лесных торфяных пожаров с использованием космических снимков, беспилотных воздушных судов (БВС), оснащенных различным оборудованием, видеокамер, тепловизоров, а также описаны инструменты, используемые при обследовании указанных пожаров. Основное внимание уделено информации об использовании современного оборудования и инструментов, обеспечивающих оперативное получение объективной информации о торфяных пожарах на начальных этапах их развития.

Учебное пособие окажет помощь обучающимся высших и средних учебных заведений в освоении курса «Лесная пирология». Оно представляет интерес для сотрудников Авиалесоохраны, МЧС и лесничеств, а также членов добровольных пожарных дружин и волонтеров, непосредственно участвующих в обнаружении и ликвидации торфяных пожаров.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.432.3(252.6)(075.8)

ББК 43.488я73

ISBN 978-5-94984-920-0

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
1. Специфические особенности торфяных пожаров .....	7
2. Способы обнаружения лесных торфяных пожаров .....	13
2.1. Космический мониторинг пожарной обстановки .....	14
2.2. Авиационное патрулирование .....	21
2.3. Использование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения торфяных пожаров .....	25
2.4. Стационарная служба обнаружения лесных пожаров .....	28
2.5. Наземное маршрутное патрулирование .....	35
2.6. Привлечение населения к обнаружению торфяных пожаров .....	36
3. Обследование торфяных пожаров .....	39
3.1. Специфические задачи обследования торфяных пожаров .....	39
3.2. Инструменты для обследования торфяных пожаров .....	40
3.2.1. Обследование торфяных пожаров при отсутствии специального оборудования .....	40
3.2.2. Ручные тепловизоры .....	41
3.2.3. Пирометры инфракрасные .....	46
3.2.4. Щупы-термометры .....	52
3.2.5. Геодезическое оборудование.....	55
3.2.6. Буры-пробоотборники .....	64
3.2.7. Влагомеры .....	67

4. Организация обследования и тушения торфяных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами .....	71
4.1. Проблема загрязнения территории лесного фонда радионуклидами .....	71
4.2. Специфика обследования и тушения торфяных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами .....	74
5. Системы тушения лесных торфяных пожаров .....	86
Библиографический список .....	92

## **ВВЕДЕНИЕ**

Минимизация ущерба от лесных пожаров, в том числе почвенных или торфяных (Залесов, Залесова, 2014), может быть обеспечена только при условии оперативного их обнаружения и эффективного тушения. Торфяные пожары являются специфическими видами лесных пожаров, при которых происходит тление органических остатков при недостатке кислорода. Специфика торфяных пожаров такова, что тление внутри торфяной залежи протекает при влажности до 500 % от массы сухого вещества. При этом проблема ликвидации торфяных пожаров осложняется отсутствием четко видимой кромки пожара и возможностью тления в течение всего года. Неслучайно в зарубежных источниках торфяные пожары получили название зомби пожары.

Медленное продвижение кромки пожара и скрытый тип тления затрудняют обнаружение торфяных пожаров и, как следствие этого, их ликвидация требует значительных трудовых и финансовых затрат. Нередко торфяные пожары, которые тушат в течение нескольких летне-осенних месяцев, остаются непотушенными в зиму, создавая опасность их развития в низовые пожары следующей весной.

Изменение климата в сторону увеличения температуры воздуха и уменьшения количества осадков, в сочетании со значительной площадью осушенных, но не используемых в настоящее время для добычи торфа (заброшенных) торфяников, способствует увеличению доли торфяных пожаров и ухудшению экологической обстановки в районах их горения. Если 5–7 лет назад торфяные пожары возникали в виде одноочаговых, чаще всего в конце лета и осенью от разведения костров на участках с торфяными почвами, то в последние годы многоочаговые

торфяные пожары развиваются от низовых ландшафтных пожаров уже в апреле-мае.

Указанные обстоятельства требуют совершенствования способов обнаружения и обследования торфяных пожаров. К сожалению, данные вопросы крайне ограниченно освещены в учебной литературе (Залесов, Миронов, 2004; Залесов, 2021) и обучающиеся не приобретают необходимых компетенций по данным вопросам за период обучения.

В настоящем учебном пособии предпринята попытка изложить в краткой форме современные способы обнаружения и обследования торфяных пожаров, обеспечив обучающихся необходимыми знаниями для составления планов тушения указанных пожаров.

Особое внимание в работе уделено описанию измерительных инструментов, используемых при обследовании торфяных пожаров. К сожалению, в лесопожарных подразделениях оснащенность этими инструментами недостаточна. Полагаем, что знания технических характеристик оборудования и инструментов для обнаружения и обследования торфяных пожаров послужат толчком для улучшения инструментальной базы, что, в конечном счете, повысит эффективность ликвидации торфяных пожаров.

## **1. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

Торфяные пожары имеют ряд характерных особенностей, определяющих технологии их обнаружения, обследования и тушения. При данном виде пожара горение распространяется в торфяном слое почвы. При этом горит слой гумуса и торфа, а также обгорают или сгорают корни растений. Горение при торфяном пожаре преимущественно беспламенное (тление), однако, при слабой степени разложения торфа с наличием древесных включений может наблюдаться и пламенный тип горения.

Особенностью торфяных пожаров является способность тления торфа при незначительном доступе кислорода, что значительно усложняет тушение.

В процессе торфяного пожара огонь может выходить на поверхность (давать вторичное открытое горение на поверхности почвы) и создавать новые очаги низовых, а затем развиваться в верховые или новые торфяные пожары. Тлеющие частицы торфа с высохших кавальеров (отвалов) мелиоративных каналов могут разноситься сильным ветром на расстояние до 50 м и более, создавая новые очаги горения.

Скорость распространения торфяных пожаров не превышает, как правило, нескольких метров в сутки, но из-за сложности тушения площади, пройденные торфяными пожарами, довольно значительны, и они представляют реальную опасность не только для объектов экономики и жилого фонда, но и для здоровья и жизни людей.

Торфяные пожары делятся на многоочаговые и одноочаговые. Для торфяных многоочаговых пожаров характерно заглубление тления

в торфяной горизонт с поверхности почвы двумя и более очагами. Для одноочаговых торфяных пожаров характерен один очаг заглубления горения (Залесов, Залесова, 2014).

Тление торфа практически всегда начинается в результате воздействия открытого огня или внешнего источника высокой температуры. Причиной многоочагового тления чаще всего становится горение травы на поверхности осушенного торфяника, низовой лесной пожар на торфяной почве. Одноочаговые (точечные) пожары чаще начинаются от непотушенного костра, от брошенного окурка, от воздействия перегретого глушителя автомобиля или вездехода.

Возникают очаги тления чаще всего при высоких классах пожарной опасности по условиям погоды и при низкой влажности торфа – до 200 % (2 кг воды на 1 кг абсолютно сухого вещества). При этом дальнейшее развитие очагов тления за счет того, что очаг подсушивает окружающий его торф, может происходить при гораздо более высокой влажности последнего (Куксин, 2023), и при низких классах пожарной опасности по условиям погоды (Софронов, Волокитина, 1986). Это создает не совсем обычную ситуацию, когда развитие пожара активно происходит в условиях, при которых возникновение нового пожара было бы невозможно. Например, если после возникновения торфяных очагов поверхность почвы смачивается дождем (класс пожарной опасности падает до первого), скорость роста очагов по поверхности почвы замедляется, но скорость развития очагов в глубину и под поверхность почвы в стороны может не снижаться, в результате чего образуются прогары – ямы с горячей золой и с нависающими не горящими краями.

При этом надо учитывать, что действия лесопожарных служб по патрулированию для обнаружения пожарной опасности регламентируются нормативными документами, прежде всего Порядком мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров (Приказ МПР от 23 июня 2014 года № 276), и зависят от актуального класса пожарной опасности по условиям погоды.

Описанные особенности создают необходимость обследования участков, пройденных огнем низовых лесных пожаров и ландшафтных пожаров, если эти участки расположены на осушенном торфянике,



даже если в момент обследования пожарная опасность по условиям погоды низкая или отсутствует.

При развитии торфяных очагов на покрытых лесом участках происходит вывал древостоя – корни подгорают и деревья падают. В случае одноочагового пожара чаще падение дерева происходит вершиной к центру очага. При многоочаговых пожарах завалы не имеют выраженной направленности падения деревьев и представляют хаотические нагромождения упавших стволов с отгоревшими корнями (рис. 1). Нередко листва при этом сохраняется в зеленом состоянии и высыхает уже на упавшем дереве. Края таких завалов содержат скрытые дерновиной и корнями еще не упавших деревьев очаги. Это также необходимо учитывать при обследованиях.



Рис. 1. Вывал деревьев в результате торфяного пожара (валежная гарь)

На пройденной огнем площади очаги тления возникают в результате воздействия огня неравномерно. Прежде всего начинают тлеть наиболее сухие, расположенные на возвышенностях участки – отвалы (края) осушительных каналов, насыпи бывших узкоколейных железных дорог, места, где складировали торф (штабели, караваны). Также очень легко загораются края старых прогаров (ямы от пожаров прошлых лет). Края старых очагов – это также сухие, часто отвесные стенки, где воздействие пламени при горении травы и лесной подстилки более эффективно нагревает поверхность, а грунт там часто содержит обугленные фрагменты торфа после прошлого пожара, которые легче загораются при воздействии пламени. Повторное тление торфа в одних и тех же местах часто приводит к тому, что местное население не связывает развитие пожара со своими действиями по поджогам травы, а считает все торфяные пожары многолетними (вечными), что затрудняет профилактическую работу.

Если очаги тления, возникшие с весны и начала лета, не потушены до конца лета, то от них возникает вторично открытое горение. От тлеющего торфа воспламеняется открытым огнем подсыхая трава, горят высохшие завалы из упавших деревьев. Это создает новые низовые (а иногда и верховые) пожары, которые в свою очередь, проходя по поверхности торфяника, создают новые торфяные очаги. При таком вторичном развитии доля площади, занятая торфяными очагами, уже значительно больше. Весной очаги тления занимают обычно не более 5 % от площади, пройденной огнем. При летнем и осеннем развитии пожара очаги могут занимать более 10 % от площади пожара, а в случае почвенной засухи и высокой пожарной опасности по погоде, очаги могут занимать более половины площади, пройденной огнем.

В случае, когда очаги тления торфа не были полностью потушены в осенний период, и перешли в зиму, они продолжают развиваться даже после выпадения устойчивого снегового покрова. Чаще всего очаги зимой сохраняются под корнями деревьев, под плотной нависающей дерновиной, под полотном автодороги или в насыпях бывших узкоколейных железных дорог. Также длительное время (иногда даже несколько лет) очаги могут сохраняться и развиваться в местах складирования торфа – штабелях и караванах.

Глубина очагов тления ограничивается двумя возможными факторами – глубиной залегания торфа, ниже которой начинается минеральный грунт, а также уровнем грунтовой воды. Минеральный грунт не способен поддерживать горение. Грунтовая вода капиллярно поднимается и создает такой уровень влажности, при котором энергии торфяного очага не хватает для испарения воды. Как правило, очаги тления не могут развиваться и останавливаются на глубине около 60 см выше, чем уровень грунтовой воды под ними. Чаще всего это соответствует влажности торфа около 400–500 % (4–5 кг воды на 1 кг абсолютно сухого торфа). В связи с тем, что уровень грунтовых вод неодинаков в течение года, глубина очагов также меняется. Весной, в период половодья, возникающие от поверхностного горения травы очаги тления неглубокие, чаще всего до 30 см. По мере того, как уровень грунтовых вод падает, растет и глубина очагов. Летом средняя глубина торфяных прогаров варьируется от 0,5 до 1,5 м. С началом осенних осадков и подъемом воды в почве, многие очаги гаснут, а оставшиеся развиваются только в своем верхнем слое. Центральная часть таких очагов часто заполнена влажной остывшей золой, иногда там проступает вода. Но те очаги, которые пережили осеннее половодье, в зимние месяцы (в зимнюю межень) могут снова заглубляться. Причем, если зимой уровень грунтовых вод падает ниже, чем в летние месяцы (а это обычно для многих российских регионов), то и глубина очагов будет наибольшей именно зимой – до 3–3,5 м.

Эти особенности позволяют использовать знания о геологическом строении участка и данные измерений уровня грунтовой воды и уровня влажности для планирования тушения (Куксин, 2023) и определяют необходимость применения определенных технологий при обследовании торфяных пожаров.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем состоит специфика горения при торфяных пожарах?
2. На какие подвиды делятся торфяные пожары?
3. При какой влажности торфа возможно заглубление тления в торфяной горизонт?
4. Каково воздействие торфяных пожаров на древостой?

5. При какой влажности торфа возможно распространение торфяного пожара внутри торфяного горизонта?
6. Какие факторы ограничивают заглублиение торфяного пожара?
7. Для какого времени года характерно максимальное заглублиение торфяного пожара?
8. В какой степени на развитие торфяного пожара влияет класс пожарной опасности по условиям погоды?
9. Причины возникновения многоочаговых и одноочаговых торфяных пожаров.
10. Чем обусловлена необходимость ликвидации торфяных пожаров?

## 2. СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

С учетом того, что торфяные лесные пожары чаще всего развиваются как результат низовых или верховых лесных пожаров, или иных ландшафтных пожаров на торфяных почвах, для обнаружения торфяных пожаров применяются те же подходы и способы, которые применяются в нашей стране для всех остальных видов ландшафтных пожаров. Но особенности возникновения и развития торфяных пожаров накладывают некоторые особенности и на технологии применения средств космического, авиационного и наземного способов обнаружения. Так, работа пилотируемой авиации с визуальным обследованием горящего торфяника часто бывает менее информативна в сравнении с другими видами пожаров из-за того, что очаги тления плохо распознаются по визуальным признакам. Часто для более детального обследования приходится совершать, в случае применения вертолетов, посадку и обследовать участок наземной группой (рис. 2).



Рис. 2. Посадка вертолета с мобильной наземной группой пожарных для детального обследования торфяного пожара

Наземное обследование часто затруднено плохой проходимостью участков, низкой несущей способностью грунтов и плохой видимостью, что вызывает необходимость применения беспилотных воздушных судов (БВС) с тепловизионным оборудованием.

## **2.1. Космический мониторинг пожарной обстановки**

Космический мониторинг является одним из инструментов обнаружения пожаров и принятия решения о реагировании на пожар силами лесной охраны. В настоящее время мы имеем возможность ежедневно получать информацию с космических спутников, такую как данные о термических аномалиях (термоточках) и спутниковые снимки разного пространственного разрешения. Все это можно эффективно применять для отслеживания пожаров на любых природных территориях.

На настоящий момент у каждого пользователя сети Интернет есть свободный доступ к космическим снимкам. Такие ресурсы, как Яндекс или Google, предлагают покрытие снимками высокого разрешения практически по всей стране. В отличие от карт, спутниковые снимки имеют множество преимуществ. Одно из самых главных – это «картинка», максимально приближенная к реальности. Все картографические материалы, которыми сейчас возможно пользоваться (т. е. карты высокого качества и детализации), во многом уже стали иметь существенные расхождения с тем, что можно увидеть на месте. Это не только застройка природных территорий и развитие дорожных сетей, но и зарастание полей древесно-кустарниковой растительностью, изменение гидрографии и другое. Общедоступные бесплатные спутниковые снимки, как правило, имеют разный срок давности съемки (от 1 дня до 3 лет), но регулярно обновляются. Снимки делаются и в разное время года, т. е. находить нужную нам весной и летом информацию часто приходится по зимним снимкам, на которых наблюдаются снег, замерзшие озера и т. п. При этом важно помнить, что и спутниковые снимки не отражают действительность на 100 %, например, на снимках сверхвысокого разрешения (снимках с максимальной

детализацией), сделанных три года назад, мы можем не увидеть, что в реальности осушительная канава уже высохла, мост обвалился, дорогу размыло.

Спутниковые снимки условно делятся на три категории:

1) снимки высокого и сверхвысокого разрешения, которые оперативно предоставляются пользователям на платной основе и могут стоить очень дорого, но через несколько лет после съемки попадают в бесплатный доступ. Доступ к мозаикам спутниковых снимков высокого и сверхвысокого разрешения предоставляют такие службы, как Яндекс, Bing, Google;

2) снимки среднего пространственного разрешения (Landsat, Sentinel) общедоступны и бесплатны, но пролет этих спутников не покрывает всю поверхность Земли за сутки, поэтому в открытом доступе снимки появляются с периодичностью примерно раз в 2–3 дня для Sentinel 1–2, а для аппаратов Landsat 1–2 недели. Спутники среднего пространственного разрешения – отличный инструмент для оценки площади, пройденной огнем, для отслеживания динамики развития тяжелых крупных пожаров. В некоторых случаях именно по снимкам среднего разрешения можно делать предположения о развитии длительного и потенциально транссезонного (зимующего) торфяного пожара.

Для предварительного определения вероятных мест расположения очагов тления на конкретном торфянике лучше всего использовать космические снимки среднего пространственного разрешения Sentinel-2 MSI. Для обнаружения торфяных очагов необходимо смотреть снимки в динамике (пролистывать снимки за несколько дней), 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 (для этого оптимальна комбинация каналов SWIR) (рис. 3). В некоторых случаях на снимок может попадать открытое горение, которое является несомненным идентификатором активности очагов.



Рис. 3. Снимок Sentinel-2 комбинация каналов SWIR.  
Видна площадь, пройденная огнем

3) снимки низкого разрешения (MODIS, VIIRS) также общедоступны и в открытом доступе появляются ежедневно. По своему основному назначению космические аппараты, осуществляющие такую ежедневную съемку всей Земли, это, прежде всего, метеорологические спутники. На их снимках отлично видно движение воздушных масс. Такие снимки лучше всего позволяют определять источники задымления для обширных территорий, а также, с учетом прогнозов погоды, предсказывать динамику такого задымления и своевременно оповещать население о необходимых мерах защиты.

Для мониторинга пожаров используются спутниковые снимки всех категорий. Для работы непосредственно на пожаре, например, для оперативного составления схемы тушения, как правило, используют космические снимки высокого или среднего разрешения. Снимки применяют как подложку, т. е. в качестве основы, на которую накладывается вся остальная собранная информация – треки групп разведки, точки с важной информацией, фотографии. На данный момент нет единого источника спутниковой информации, который мог бы быть применим на территорию всей страны. На разные участки лучшее качество снимков может быть у разных компаний, предоставляющих подобную информацию. Самые часто используемые для мониторинга – Яндекс, Google, Bing, USGS, NASA.

Одним из источников информации о возникновении и развитии пожаров являются термоточки. Термоточка – это зарегистрированное



в момент пролета спутника значительное повышение температуры на поверхности Земли, в сравнении с соседними участками. Спутники позволяют обнаруживать пожары площадью от долей гектара до нескольких десятков гектаров, в зависимости от интенсивности горения и состояния атмосферы. В основном используются данные со спутников Terra и Aqua и Suomi NPP, пролет которых осуществляется до 6 раз в сутки. Разные спутники обладают сенсорами разных характеристик. Так, тепловые каналы приборов MODIS спутников Terra и Aqua имеют разрешение 1 км, т. е. дают картинку с пикселями, соответствующими примерно 1 км<sup>2</sup> наблюдаемой земной поверхности. Для спутника Suomi NPP «размер» пикселя (сторона наблюдаемого на Земле квадрата, соответствующего одному пикселю на получаемом спутниковом изображении) равна 375 м, т. е. его инструмент VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) является более чувствительным к определению термических аномалий. При этом важно помнить, что от «размера» пикселя зависит и величина погрешности координат термоточки. Возможная ошибка определения местоположения пожара зависит от нескольких факторов – размера пикселя, неточности привязки снимка, расстояния от оси снимка до термоточки, и других. Для снимков MODIS она обычно не превышает 700 м, для снимков VIIRS – 500 м. При этом указанная выше возможная точность (и, соответственно, вероятная погрешность) при работе с термоточками позволяет довольно точно определять по термоточкам границы и площади крупных пожаров, при которых длина кромки измеряется десятками километров, а площадь тысячами гектаров. А вот для небольших пожаров, где площади и протяженности кромки меньше возможной погрешности, термоточки, наоборот, не позволяют хоть сколько-то достоверно судить об основных параметрах пожара.

Небольшие, только начинающиеся пожары и слабоинтенсивные пожары под густыми кронами, торфяные пожары (без высокой температуры на поверхности) или костры спутники обнаружить, как правило, не в состоянии. Наличие термоточек свидетельствует либо о наличии техногенного источника огня (факелы сжигания попутного газа, разогретая от производства инфраструктура заводов), либо об интенсивном лесном, травяном или тростниковом пожаре. Количество термоточек, динамика с которой они появлялись, и их

расположение дают возможность предположить, что стало причиной возникновения пожара, какие будут преобладать горючие материалы и как будет пожар развиваться дальше (учитывая естественные и искусственные преграды). Подобные наблюдения позволяют собирать статистику по территориям с разными климатическими и лесорастительными условиями и прогнозировать развитие пожарной обстановки. Так, например, каждую весну на территории России можно наблюдать волну поджогов травы, часть которых перерастает в лесные пожары, а часть в торфяные.

Особую опасность в плане возникновения торфяных пожаров представляют осушенные заброшенные торфяники, на которых действует ранее созданная осушительная сеть, но не ведется добыча торфа, а следовательно, не осуществляется и противопожарное устройство территории. Указанные осушенные торфяники зарастают травянистой и древесно-кустарниковой растительностью, что создает условия для быстрого распространения низовых ландшафтных пожаров, а понижение уровня грунтовых вод, обеспеченное осушительной системой, способствует снижению влажности верхних слоев торфа ниже показателей возможного естественного заглубления тления в торфяную залежь. В результате прохода низового пожара на осушенных торфяниках, как правило, формируются многоочаговые торфяные пожары.

Для отслеживания ситуации с пожарами на осушенных болотах с помощью космических снимков и термоточек, Центром профилактики ландшафтных пожаров поддерживается специальный российский инструмент: <https://peatfires.nextgis.com>, позволяющий автоматически «пересекать» термоточки и контуры осушенных пожароопасных болот, смотреть на историю термоточек на болотах, подгружать снимки среднего пространственного разрешения. Созданный векторный слой осушенных пожароопасных болот может быть использован также в любой картографической программе, например, в Google Earth Pro.

Чаще всего, для того чтобы получить максимально полную информацию о пожаре дистанционными методами, нужны сведения о термоточках, спутниковые снимки высокого разрешения, свежие снимки

среднего пространственного разрешения, кадастровые границы и прогноз погоды. Все эти сведения возможно найти в сети Интернет в бесплатном доступе.

Для работы с пожарами, затрагивающими земли лесного фонда, земли обороны и безопасности, а также земли особо охраняемых природных территорий, есть ведомственная система ИСДМ-Рослесхоз, где пользователи могут применять обширный набор инструментов для мониторинга пожаров и для составления ведомственной отчетности. Работа системы ИСДМ-Рослесхоз опирается на первичные данные международной (с российским участием) группировки спутников различных типов и видов, в том числе на упомянутые выше спутники Terra и Aqua и Suomi NPP с приборами MODIS и VIIRS, а также на спутники, дающие данные среднего и высокого пространственного разрешения.

Ниже описана пошаговая инструкция, как подобрать снимок среднего или высокого разрешения спутников Sentinel или Landsat, если при мониторинге одна из термоточек попала в контур осушенного торфяника.

1. Перейдите на сайт <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser>.
2. Войдите в свой аккаунт.
3. Найдите интересующую нас область (например, с помощью поиска справа вверху, куда можно ввести не только название населенного пункта, но и координаты).
4. Откройте торфяной слой в Google Earth Pro и найдите нужный нам торфяник.
5. Выгрузите контур одного нужного торфяника из Google Earth Pro, чтобы загрузить на Sentinel Hub.

Нажмите правой кнопкой на нужном контуре, выберите «Сохранить местоположение как», выберите расширение (\*.kml), дайте имя файлу, сохраните.

6. Откройте Sentinel Hub, наведите мышкой на пятиугольник (справа вверху) и с помощью кнопки «Upload Data» загрузите туда контур торфяника, который выгрузили из Google Earth Pro. Еще можно поставить точку приблизительно там же, где была зарегистрирована термоточка (она нужна нам для опоры, чтобы понимать, куда смотреть). Кнопка «Mark point of interest» (справа вверху).

7. Подберите хороший безоблачный снимок, где хорошо видно выгоревшее. Для этого в окне «Search» (слева) выберите спутник – «Sentinel-2» и/или «Landsat-8».

8. Ниже в окне «Search» выберите нужный временной диапазон (например, за две недели до и после термоточки) и нажмите «Search».

9. В окне «Results» выберите снимок наиболее подходящий по дате и по отсутствию облаков (это можно сделать по предварительному небольшому изображению), нажмите кнопку «Visualize» и смотрите, подходит ли он вам. Если подходящих снимков нет, вернитесь в окно «Search» и измените параметры поиска или ждите новых снимков.

10. Если снимок Вам подходит, нажмите булавку (Pin), чтобы сохранить его.

11. Подбрав два (или более) хороших снимка и добавив их в закладки (Pin), перейдите на вкладку «Pins» и нажмите «Compare» в окне слева.

12. Выберите опцию «Split» и перемещайте бегунок одного из снимков, чтобы визуалью сравнить их.

13. Выйдите из режима сравнения, нажав кнопку «Finish comparison».

14. Удалите из Sentinel Hub загруженный контур торфяника (иначе скачается только снимок внутри границ).

15. Выберите снимок, на котором хорошо видно то, что нужно, и нажмите кнопку «Download image» (справа).

16. Перейдите на вкладку «Analytical».

17. В «Image Format» выберите JPG (для сохранения просто картинки) или KMZ/JPG (для сохранения геопривязанной картинки). «Image resolution» – MEDIUM или HIGH (по необходимости) и нажмите кнопку «Download».

18. Чтобы отрисовать контур выгоревшего, откройте скачанный снимок Google Earth Pro и нажмите кнопку «Добавить многоугольник».

19. Ставя точки по границам выгоревшего, нарисуйте контур. Во вкладке «Стиль, цвет» выберите подходящие цвета (лучше яркий контур без заливки). Переименуйте и нажмите «ОК».

20. Чтобы сохранить контур выгоревшего, нажмите на нем правой кнопкой, выберите «Сохранить местоположение как...» и сохраните в нужную папку.

Пример сравнения термоточек на снимках высокого и среднего пространственного разрешения приведен на рис. 4.

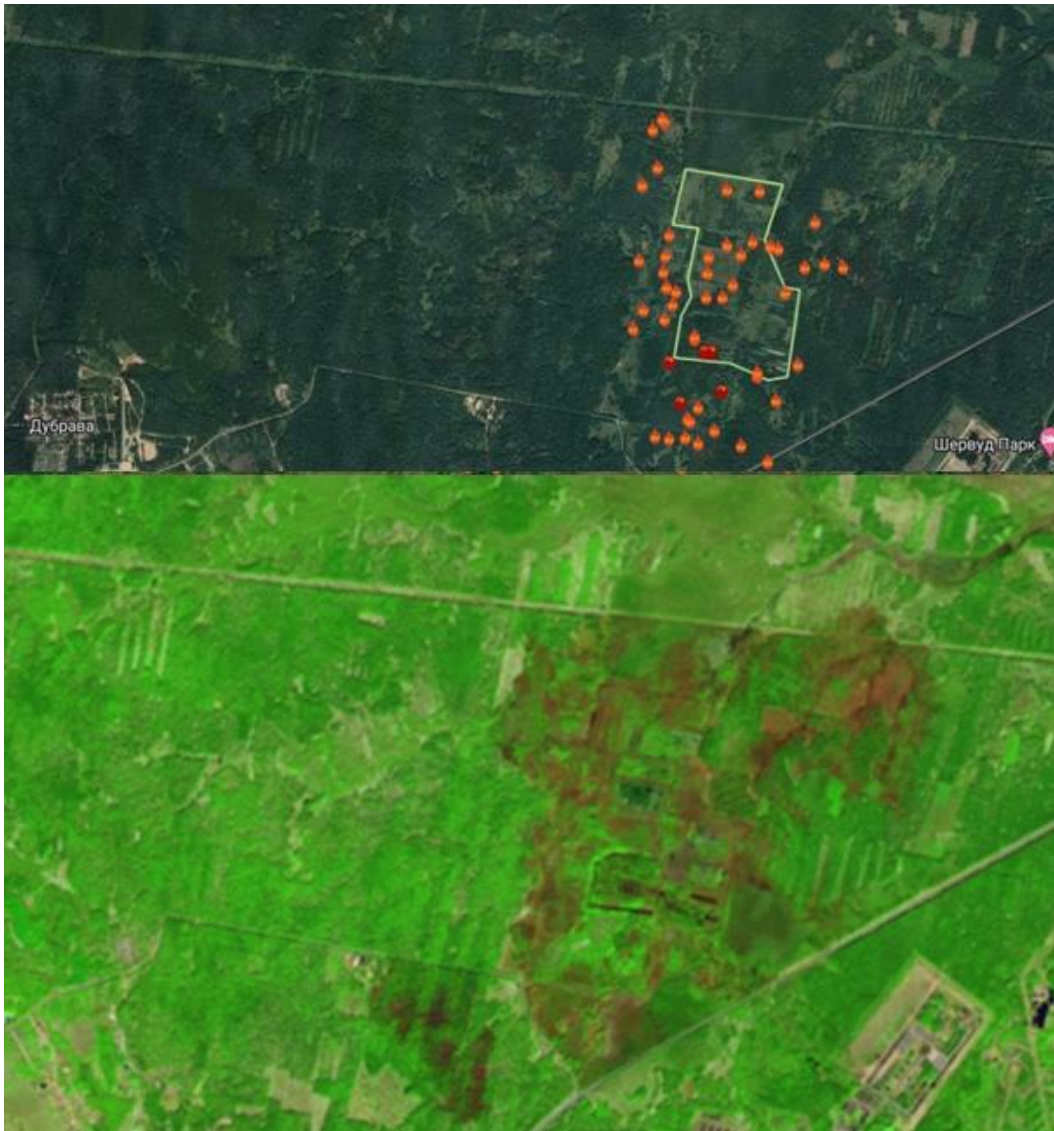


Рис. 4. Сравнение термоточек, положенных на снимок высокого разрешения, и свежего снимка среднего пространственного разрешения, где видна пройденная огнем площадь

## 2.2. Авиационное патрулирование

Организация авиационного патрулирования для охраны лесов от пожаров осуществляется органами государственной власти, уполномоченными проводить охрану лесов от пожаров.

Авиамониторинг осуществляется по заранее установленным маршрутам, кольцам, преимущественно на территориях, на которых обнаружение лесных пожаров наземными средствами затруднено либо невозможно.

При выполнении авиационных работ в состав экипажа должен включаться летчик-наблюдатель, в обязанности которого входит обнаружение лесных пожаров, определение их характеристик, предварительный расчет сил и средств, необходимых для их тушения.

Авиационное патрулирование осуществляется в сроки с начала и до завершения пожароопасного сезона. В этот период обнаружение торфяных (почвенных пожаров осуществляется вместе с низовыми и верховыми по наличию дыма, вывалу деревьев и другим признакам. Однако, как отмечалось ранее, торфяные пожары нередко уходят в зиму непотушенными, и процесс тления продолжается после окончания пожароопасного сезона. Последнее является проблемой при использовании авиамониторинга для обнаружения зимующих торфяных пожаров. Полагаем, что в нормативные документы по охране лесов от пожаров необходимо внести уточнения о том, что после завершения пожароопасного сезона авиационное патрулирование лесов должно продолжаться до ликвидации всех лесных пожаров на охраняемой территории.

Распространение зимующих торфяных пожаров происходит крайне медленно и не превышает 100 м за зимний сезон, поэтому патрулирование с целью обнаружения таких очагов с группой парашютистов на борту нецелесообразно.

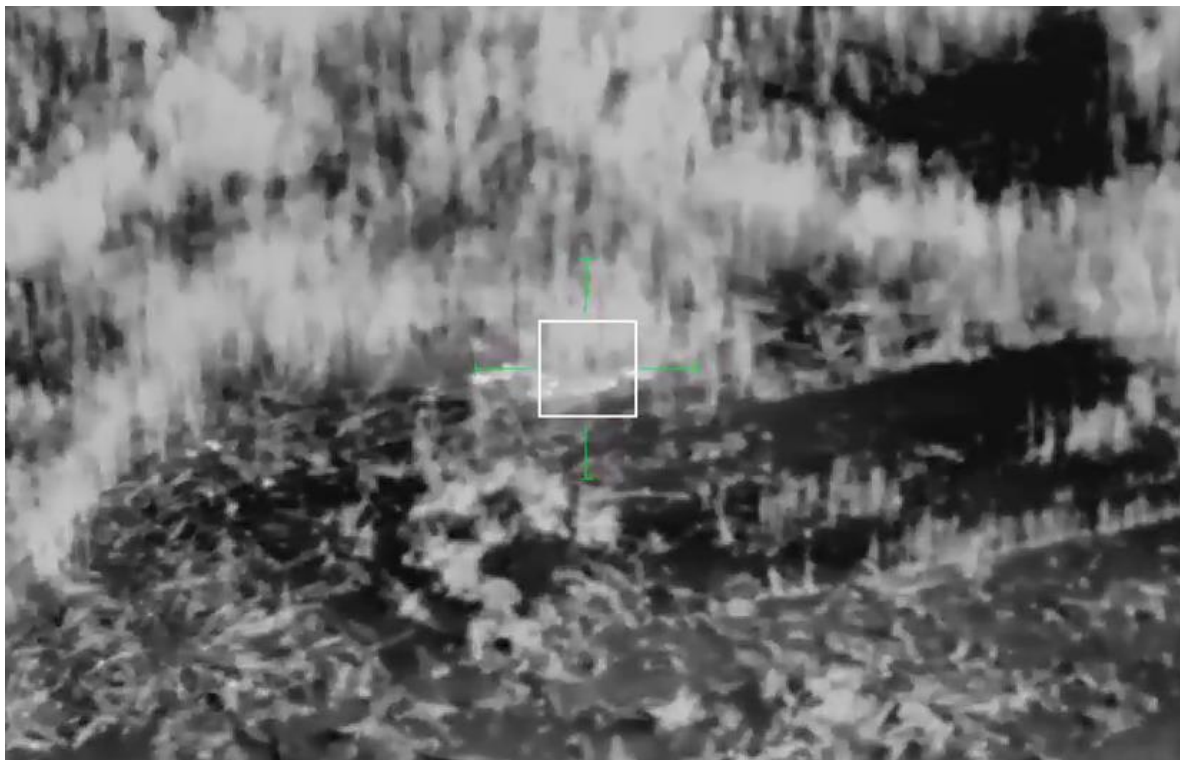
Визуально обнаружить дым от зимних пожаров на фоне снега на больших расстояниях довольно сложно, поэтому для этого необходимо заранее спланировать маршрут полета так, чтобы он проходил над бывшими кромками летне-осенних устойчивых пожаров. Такие места необходимо устанавливать ближе к осени в конце пожароопасного сезона. Основным диагностическим признаком таких мест является перманентное выпадение деревьев (рис. 5).



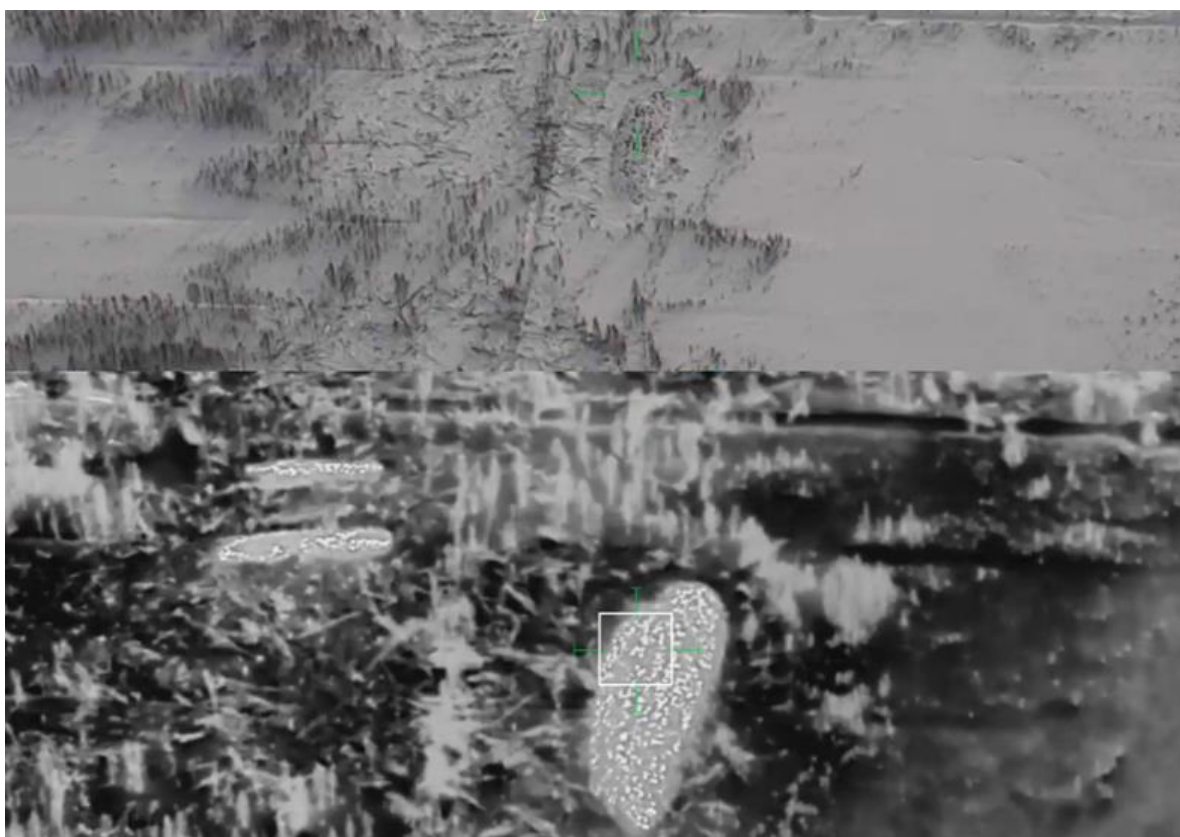
Рис. 5. Вывал деревьев в результате почвенного пожара

При патрулировании также следует учитывать погодные условия. 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  $20^{\circ}\text{C}$ . При сочетании этих условий происходит достаточное выделение пара над очагами тления, чтобы летчик-наблюдатель мог обнаружить очаг тления на удалении около километра. Однако этот способ тоже не является достаточно надежным, поскольку происходит обнаружение только крупных очагов в период их интенсивного горения, скрытые очаги под корнями деревьев, которые находятся в стадии развития, даже опытным летчиком-наблюдателем не обнаруживаются.

Для более качественного обнаружения торфяных пожаров хорошо зарекомендовали себя тепловизионные камеры, которые позволяют достаточно надежно обнаруживать очаги тления (рис. 6).



*a*



*б*

Рис. 6. Стоп-кадр обнаруженного торфяного пожара в видимом (*a*) и тепловизионном режиме (*б*) съемки



### 2.3. Использование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения торфяных пожаров

Беспилотные воздушные суда (БВС) в последние годы стали незаменимым инструментом для обследования пожаров. На торфяных пожарах лучшие результаты показывают БВС мультикоптерного типа с тепловизионными камерами.

Проведенные обследования с применением БВС мультикоптерного типа с тепловизионными камерами показали, что наилучший результат отмечается при использовании тепловизионной камеры с разрешением 640×512 пикселей и выше. Аппараты с тепловизорами с меньшим разрешением тоже могут эффективно использоваться, но они вынуждены работать на меньших высотах, т. е. за один пролет охватывают гораздо меньшую площадь при обследовании.

В летний период лимитирующим фактором при выполнении полетов был нагрев поверхности солнечными лучами. Солнечная погода, при которой кроны деревьев и открытые, 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 (рис. 7).

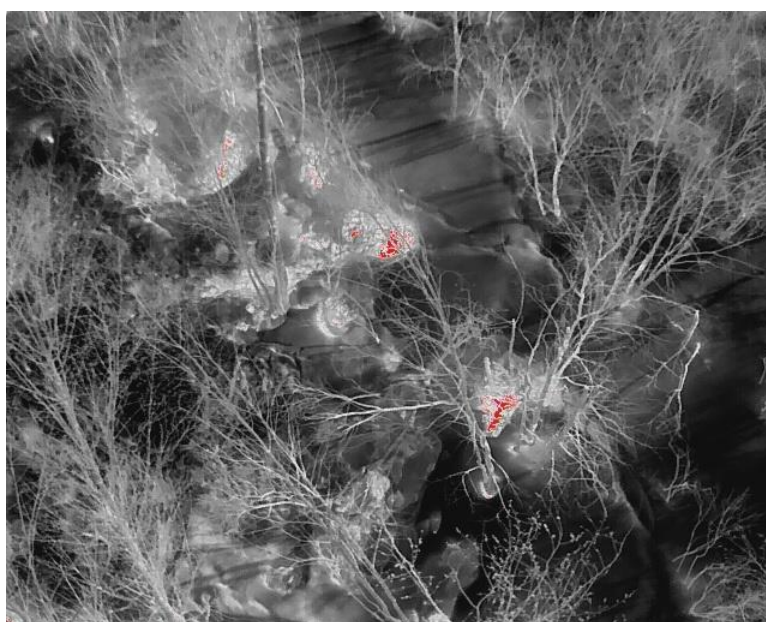


Рис. 7. Обнаружение очагов тления в корнях деревьев при помощи БВС с тепловизионной камерой

Лимитирующим фактором при выполнении полетов в зимний период является температура воздуха, при которой может работать тепловизионная камера; большинство тепловизионных камер, используемых на БВС, не могут работать при температуре ниже минус 10 °С. Полет желательно совершать при температуре до –5 °С, с учетом того что на высоте 300 м температура в среднем опускается на 2 °С. 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 %, а в случае, если стоит задача последующей обработки снимков для создания карт, с перекрытием 80–60 %.

Прямые солнечные лучи (солнечная безоблачная погода) в зимнее время также существенно осложняли работу тепловизорами, создавая блики и неравномерный нагрев поверхности (рис. 8). Можно рекомендовать даже в зимнее время обследовать торфяные пожары утром до восхода солнца, вечером сразу после захода солнца или в безоблачные дни.

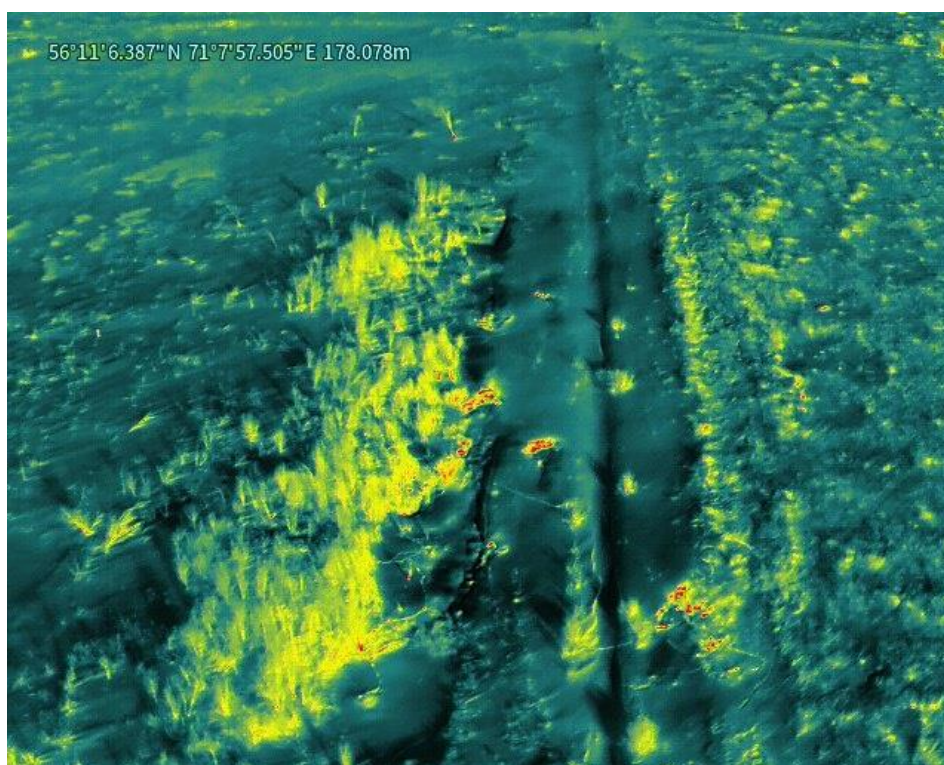


Рис. 8. Очаги тления торфа зимой обнаружены при помощи БВС с тепловизором в морозный, но солнечный день.

Несмотря на мороз около –20 °С, кроны нагреты солнечными лучами и с трудом позволяют обнаружить очаги тления

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 отмечено, что в случае, когда на болотах в зимнее время есть участки с незамерзшей 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 (рис. 9).

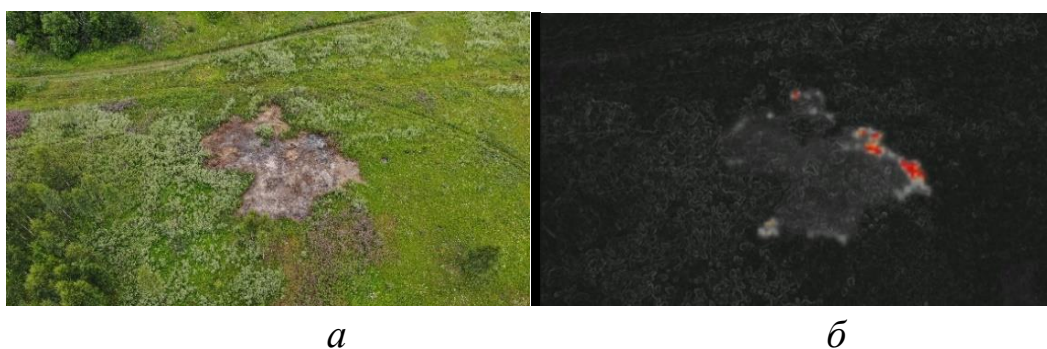


Рис. 9. Сравнение визуальной (*а*) и тепловизионной (*б*) фотографий торфяного очага с БВС. Действующая (активная) часть рамки отчетливо видна в тепловом диапазоне

Несомненное достоинство БВС квадрокоптерного типа – это их небольшие размеры. Последнее позволяет доставить их к месту пожара практически любым транспортным средством.

Для последующей обработки данных, полученных при помощи БВС, можно применять различные программные продукты. Минимально необходимая обработка данных сводится к выделению на карте или снимке точек с обнаруженными очагами тления. Пространственные данные о маршруте полета и о месте, где были сделаны фотографии или видео, содержатся, как правило, и в пульте управления БВС, и в самом БВС, и в свойстве фото и видео.

В случае, если из фотографий или из видеопотока необходимо сделать более сложный продукт, например, ортофотоплан, тепловой ортофотоплан, модель рельефа и т. п., используют специальные программы.

Для оперативного создания карт на пожаре, в том числе тепловых карт со всеми обнаруженными очагами тления, могут быть использованы, например, программы DJI Terra и российская программа Agisoft Metashape.

## **2.4. Стационарная служба обнаружения лесных пожаров**

Стационарная служба обнаружения лесных пожаров длительный период считалась наиболее оперативной и надежной. При этом обнаружение лесных пожаров производилось с постоянных наблюдательных пунктов. Последними служили специально установленные вышки и мачты различных модификаций, наблюдательные павильоны, оборудованные на возвышенных точках территории и иные переоборудованные для наблюдения сооружения (колокольни, триангуляционные пункты и т. п.), обеспечивающие максимальный обзор прилегающих территорий.

Размещение наблюдательных вышек и других наблюдательных пунктов производилось с таким расчетом, чтобы каждая точка охраняемой территории была видна как минимум с двух наблюдательных пунктов. При организации стационарной службы особое внимание уделялось согласованию размещения наблюдательных пунктов между соседними лесничествами.

При создании сети наблюдательных пунктов учитывалось, что дальность определения места пожара зависит от высоты поднятия наблюдения над пологом леса, а также состояния погоды, выброса дыма и расположения потенциального пожара относительно солнца. В равнинной местности дальность обнаружения пожара невооруженным глазом и при помощи оптических приборов рассчитывают по формуле

$$L = 3,85 (h_1 + h_2), \quad (1)$$

где  $L$  – дальность видимого горизонта, км;

$h_1$  и  $h_2$  – высоты двух взаимовидимых точек, м.

Приведенная формула позволяет рассчитать радиус обзора в зависимости от высоты наблюдательного пункта (НП):

Высота НП, м	10	15	20	25	30	35	40
Радиус обзора, км	12	15	17	19	21	23	24

Однако, несмотря на расчеты, реальная дальность обнаружения лесного пожара с НП значительно меньше. Так, максимальная дальность видимости дыма костра в обратной от солнца стороне составляет 25, а против солнца – не более 8–10 км, т. е. в 3 раза меньше. Другими словами, расстояние между НП не должно превышать 8–12 км. Последнее объясняет высокую стоимость создания сети НП.

На каждом НП размещается прибор для определения азимута наблюдения на обнаруженную дымовую точку, т. е. угломерный прибор в виде сориентированного по сторонам света круга с градусными делениями и визирная линейка. Оптимальным вариантом является установка стереотрубы, с помощью которой осуществляют пеленгацию и определяют расстояние до пожара. Кроме того, каждый наблюдатель обеспечивается биноклем для осмотра охраняемой территории, а НП обеспечивается надежной телефонной или радиосвязью с диспетчерской службой.

В пункте приема донесений (диспетчерской службе) размещается карта охраняемой территории, на которой нанесены все НП с изображением азимутальных кругов. В точках местонахождения каждого НП (центр окружности) закрепляется нить, к свободному концу которой прикрепляется специальная иголка. Установка места обнаружения пожара осуществляется методом засечек. При получении от наблюдателя с конкретного НП информации о пеленге обнаруженного дыма диспетчер на карте нитью проецирует направление на него по азимуту от точки нахождения НП, а после поступления информации о пожаре с другого НП, повторяет операцию с нитью. Местонахождение пожара определяется по точке пересечения натянутых нитей на карте.

При недостатке НП, когда часть территории просматривается лишь с одного НП, для установления места пожара используется система заранее оговоренных, хорошо различимых ориентиров. При

этом у наблюдателя и диспетчера должны быть в распоряжении карты с нанесенными ориентирами.

В исключительных случаях наблюдатели обеспечиваются дальномерами, что позволяет устанавливать место пожара по азимуту и показателю дальномера.

Главными достоинствами стационарной службы обнаружения лесных пожаров является оперативность обнаружения и слабая зависимость от условий погоды. В то же время стационарная служба описанного типа имеет ряд существенных недостатков. Так, на практике нередко случаи, когда дымовое облако пожара сильно деформировано, размыто (особенно при слабых низовых и торфяных пожарах) и определить с достаточной точностью местоположение пожара довольно сложно. При низовых пожарах слабой интенсивности в сомкнутых насаждениях шлейф дыма неплотный и может выходить из-под полога насаждения незаметно, далеко от места горения. Особенно сложно определить место слабых торфяных (почвенных) пожаров, когда выделение дыма при горении стало незначительно, что обнаружить его невооруженным глазом практически невозможно. Кроме того, сложно определить новый пожар при задымленности от непотушенных пожаров или туманной дымке в утренние часы. Также сложности возникают при горном рельефе местности. Стационарный способ обнаружения пожаров не позволяет определить вид пожара, направление, скорость продвижения, что затрудняет составление оперативного плана тушения.

Обнаружение лесных пожаров с наблюдательных вышек и мачт вызывает сложности в подборе наблюдателей (пожарных сторожей). Последнее объясняется необходимостью прохождения специального обследования, поскольку многие люди страдают высотобоязнью и не могут работать на высоте. Кроме того, труд наблюдателя довольно утомителен из-за ограниченности смотровой площадки и необходимости поднятия на вышку.

Указанное обусловило необходимость замены традиционной стационарной службы обнаружения лесных пожаров видеомониторингом. Указанная система на территории лесного фонда Российской Федерации стала широко применяться с 2012 г.

Данная система – это логическое продолжение развития стационарной службы обнаружения лесных пожаров, состоящих из пожарных вышек, мачт и других сооружений (рис. 10).

Благодаря развитию сотовой связи опорными точками служат высотные сооружения, где установлено оборудование связи. Зачастую эти вышки находятся на преобладающих высотах, и на них уже решены проблемы организации связи, электрификации, безопасности.

Именно на вышках сотовой связи устанавливается оборудование для видеомониторинга. Прежде всего – это видеокамеры, обеспечивающие сканирование окружающей местности. В отдельных случаях видеокамеры заменяются тепловизионными камерами, реагирующими на тепловое излучение.

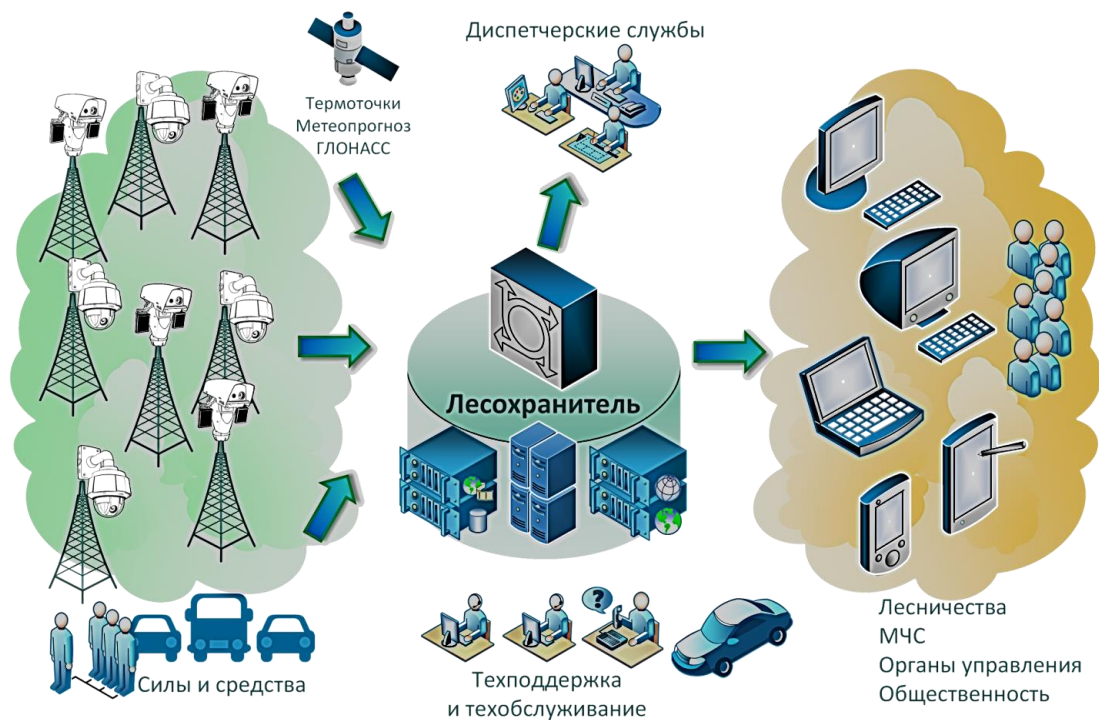


Рис. 10. Архитектура системы мониторинга «Лесохрани́тель»

Видеоинформация, получаемая с видеокамеры по внутренним сетям связи, поступает в центр обработки данных оператора связи, где располагается главный сервер, имеющий выход в сеть Интернет (рис. 11). Благодаря этому доступ к информации имеет практически неограниченное количество заинтересованных лиц, для этого им необходимо лишь оборудование, с помощью которого можно выйти в Интернет.

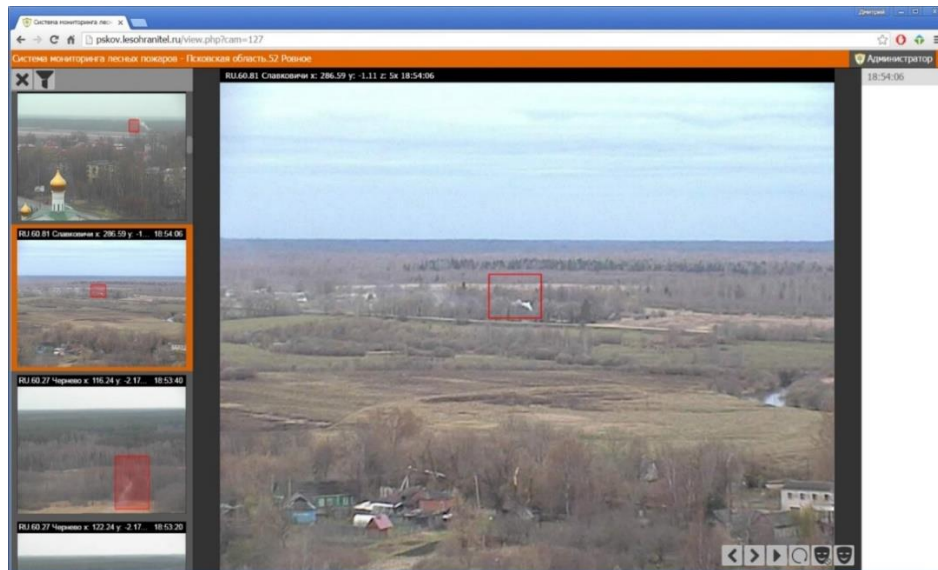


Рис. 11. Обнаружение дымов

Кроме того, центральный процессор обрабатывает видеоизображение, распознавая дымы, исключает стационарные источники дыма, и предупреждает об этом оператора (см. рис. 11), таким образом обнаружение дымов возможно в автоматическом режиме, что облегчает работу наблюдателя и дает ему возможность анализировать лесопожарную ситуацию с нескольких камер.

В настоящее время используются купольные камеры с оптическим увеличением, они позволяют охватить максимальный сектор обзора, а 32-кратное оптическое увеличение позволяет различить дым на расстоянии 20 км.

В отличие от традиционных вышек, где для определения местонахождения объекта методом засечек необходимо, чтобы он был видим минимум с двух НП, здесь реализован алгоритм, с помощью которого определение координат возможно с одной вышки рис. 12.

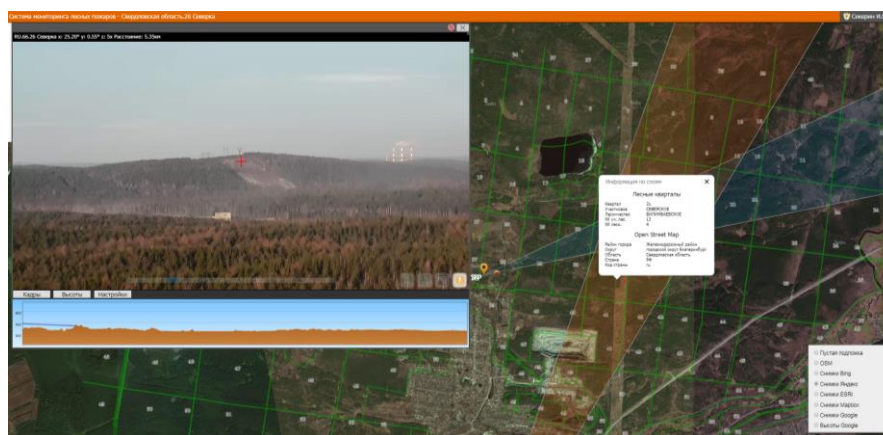


Рис. 12. Определение местонахождения объектов на местности с помощью системы мониторинга



Это стало возможно благодаря внедрению в систему модели рельефа. Зная направление, координаты, высоту размещения и наклон камеры, система рассчитывает, в каком месте луч, проходящий через центр линзы камеры, пересечет поверхность Земли, и отображает это место на карте. Максимальная ошибка при этом составляет не более 250 м.

Благодаря внедрению географической информационной системы ESRI ArcGIS и GeoServer, на мониторах пользователей отображаются не только картинка с видеокamеры, но и различная информация: картографическая (снимки, карты, квартальная сеть); метеоинформация; при наличии треккеров и связи расположение сил пожаротушения, термоточки из ИСДМ-Рослесхоз. Это сильно облегчает поиск и предварительную разведку пожаров, так как уже становится известным квартал, растительные условия, состояние дорожной сети. Нанесение границ осушенных торфяников позволяет предсказать возможные места возникновения торфяных пожаров (рис. 13).

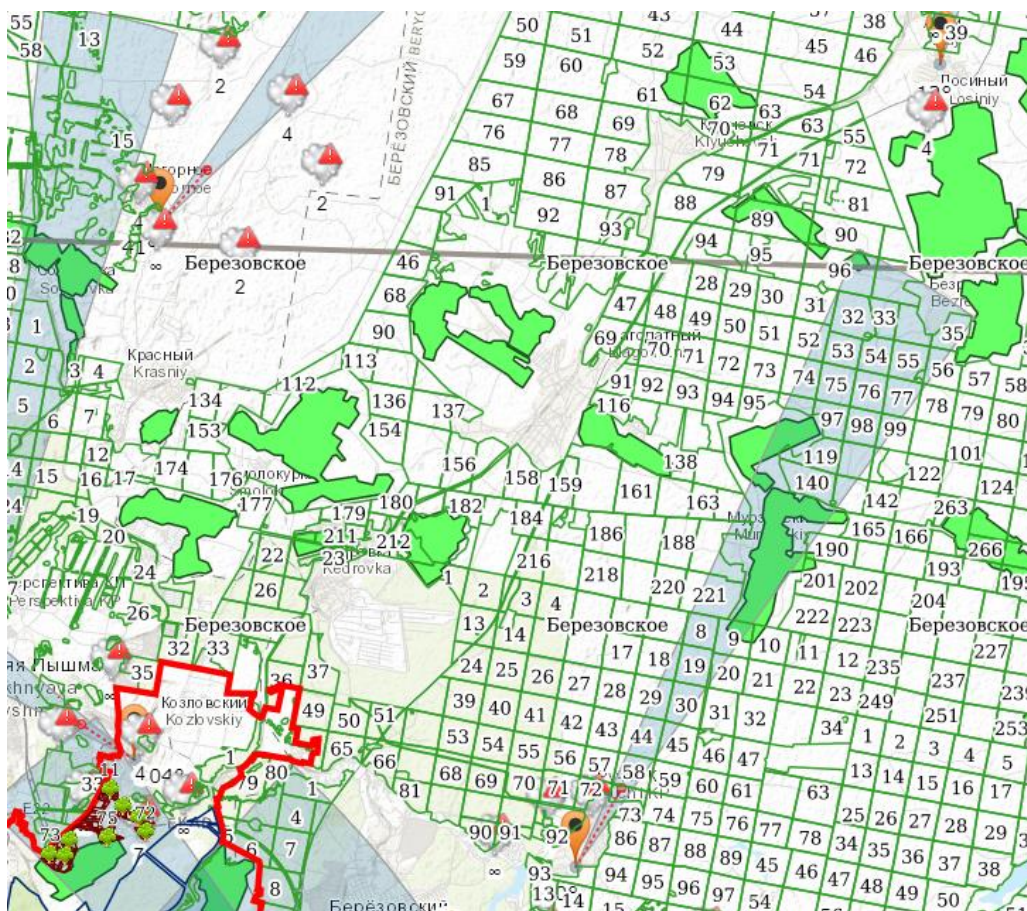


Рис. 13. Расположение торфяников на карте системы видеомониторинга

При создании системы проводилась большая исследовательская работа, для оптимального размещения видеокамер был разработан блок анализа, в который занесли данные по размещению и высоте всех антенно-мачтовых сооружений (АМС) операторов связи, модель рельефа (на рис. 14 на примере Свердловской области), что позволило рассчитать зону мониторинга каждой возможной точки. Затем блок дополнили информацией о пожарах за последние три года, данными о размещении торфяников и данными об административных границах земель. Это позволило выбрать наиболее перспективные места размещения камер.

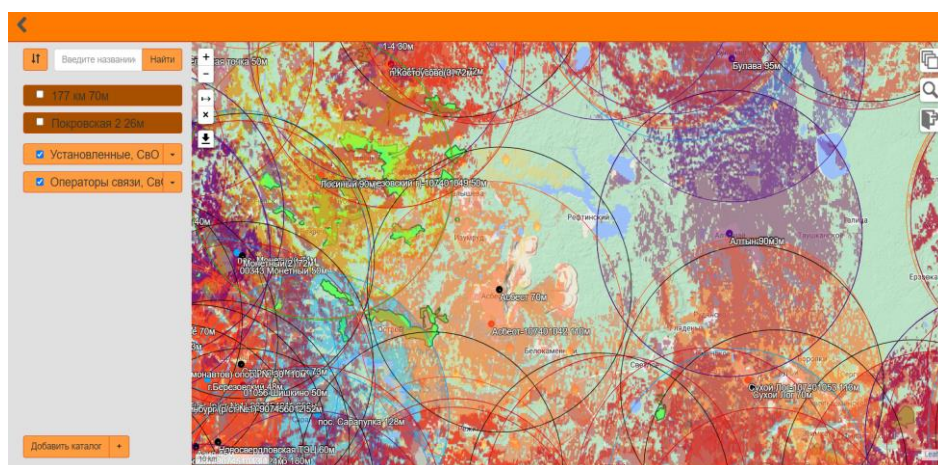


Рис. 14. Визуализация расчета покрытия системы видеомониторинга

С наступлением холодов в атмосфере происходят процессы, которые препятствуют рассеиванию дыма (рис. 15), по выбросам дыма можно определить примерное расположение очагов, особенно в ночные и утренние часы.



Рис. 15. Облако из дыма действующего торфяного пожара, обнаруженное с помощью камеры системы видеомониторинга около пгт Тугулым

В целом стационарная служба обнаружения и видеомониторинг дают только предварительные результаты и не могут обеспечить надежное обнаружение и дать качественные характеристики очагов торфяных пожаров, информацию, полученную с помощью этих способов, обязательно необходимо уточнять при наземном обследовании с применением БВС, оснащенных тепловизорами.

## 2.5. Наземное маршрутное патрулирование

При наземном маршрутном патрулировании, равно как при выездах для проверки информации, поступившей со стационарных наблюдательных постов, от населения, от авиационной разведки или по данным космомониторинга, целесообразно использовать набор инструментов. Прежде всего, это БВС с тепловизионными и визуальными камерами, а также ручные тепловизоры, пирометры, щупы-термометры. В случае, если предполагается, что во время обследования нужно будет сразу проводить измерения рельефа, группа также может быть оснащена геодезическим оборудованием. Обязательными приборами при любом обследовании являются навигаторы, которые могут записывать и сохранять трек обследования, ставить точки, метки, которыми затем можно будет поделиться с другими участниками и использовать в создании схемы тушения (рис. 16).



Рис. 16. Комплект оборудования для обследования торфяного пожара

Два комплекта геодезических спутниковых приемников позволяют в условиях отсутствия сотовой связи сделать точные измерения рельефа. Радиостанции с передачей геопозиции обеспечивают координацию. БВС с тепловизором позволяет сделать карту очагов тления.

## **2.6. Привлечение населения к обнаружению торфяных пожаров**

Общеизвестно, что лесные пожары, в том числе и торфяные, в большинстве своем возникают в результате неосторожного обращения с огнем местного населения. По этой причине возгорания фиксируются чаще всего вокруг населенных пунктов, мест отдыха населения, вблизи автомобильных дорог и так далее. Поскольку добыча торфа осуществлялась, как правило, в непосредственной близости от населенных пунктов, торфяные пожары фиксируются именно на осушенных торфяниках, где в настоящее время добыча торфа не ведется и противопожарные мероприятия не проводятся. При этом осушительная система продолжает действовать, снижая влажность верхних слоев торфа до уровня возможности тления и заглобления данного процесса в торфяную залежь.

При возникновении торфяного пожара на осушенном торфянике вблизи населенного пункта или дачных участков возникает реальная угроза уничтожения огнем не только имущества граждан, но и потери ими здоровья из-за распыленных в воздухе продуктов неполного сгорания торфа.

В целях минимизации опасности возникновения торфяных пожаров, а также оперативной ликвидации последних в случае возникновения необходимо усилить противопожарную пропаганду среди населения. Особое внимание следует уделить разъяснению недопустимости разведения костров на торфяных почвах, а также важности оперативного информирования работников лесоохраны о возникшем пожаре.

В настоящее время практически у всех граждан имеется сотовый телефон, что позволяет в случае обнаружения дыма торфяного пожара или специфического запаха сообщить об этом в службу ЕДДС (единую дежурную диспетчерскую службу) по телефону 112. Более предпочтительно позвонить на телефон диспетчерской службы пожарной охраны

или (в случае пожара на землях лесного фонда) на телефон лесной охраны 8-800-100-94-00, поскольку в данном случае информация поступает из «первых рук», что позволит оператору получить более подробную и объективную информацию.

Помимо разъяснительной работы среди населения необходимо во всех населенных пунктах и центрах сосредоточения населения вывесить информацию с номером телефона диспетчерской службы пожарной охраны. Лучше, если указанный номер будет легко запоминаться.

При целенаправленном привлечении населения к обнаружению торфяных пожаров (например, в случае привлечения добровольцев к патрулированию пожароопасных торфяных болот) необходимо провести дополнительное обучение операторов диспетчерской службы способам взаимодействия с гражданами при получении информации. При кажущейся простоте данного вопроса от оператора требуется большая психологическая выдержка, поскольку, получая даже в сотый раз информацию об одном и том же пожаре, он вынужден поблагодарить собеседника за представленную информацию. При этом высказывания «да мы давно знаем», «сколько можно звонить» и так далее абсолютно недопустимы, поскольку в следующий раз человек, обнаружив лесной или ландшафтный пожар, не позвонит в диспетчерский пункт.

При проведении лекции и бесед на противопожарную тематику, а также в выступлениях по радио и телевидению желательно адресно благодарить граждан, давших оперативную информацию об обнаруженных пожарах.

Широкое привлечение граждан к обнаружению лесных пожаров позволит многократно повысить оперативность их ликвидации, особенно в наиболее пожароопасных рекреационных лесах, активно посещаемых населением.

## **Вопросы для самоконтроля**

1. Какие способы обнаружения лесных пожаров Вы знаете?
2. В чем состоит специфика обнаружения торфяных пожаров?
3. Преимущества и недостатки космического мониторинга для обнаружения торфяных пожаров.

4. Почему осушенные заброшенные торфяники представляют максимальную опасность с точки зрения возникновения торфяных пожаров?

5. На какие категории делятся спутниковые снимки?

6. В чем преимущество спутниковых снимков над картографическими материалами?

7. Дайте определение термоточке.

8. Чем термоточки отличаются от лесных пожаров?

9. Почему для обнаружения торфяных пожаров целесообразно использовать беспилотные воздушные суда?

10. При какой температуре воздуха и в какое время суток лучше вести обнаружение торфяных пожаров?

11. Изложите достоинства и недостатки наземного маршрутного патрулирования при обнаружении торфяных пожаров.

12. Изложите достоинства и недостатки авиационного патрулирования с целью обнаружения лесных пожаров.

13. Как вы понимаете стационарную службу обнаружения лесных пожаров?

14. Достоинства и недостатки стационарной службы обнаружения лесных пожаров.

15. Достоинства и недостатки видеомониторинга.

16. Преимущества видеомониторинга над традиционной стационарной службой обнаружения лесных пожаров.

## **3. ОБСЛЕДОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

В случае, если на торфяном пожаре есть продвижение действующей кромки пожара открытым огнем по лесным горючим материалам (рост площади и периметра пожара), его обследование не отличается от аналогичного для любого ландшафтного и лесного пожара – определяются скорость продвижения элементов кромки, периметрическая скорость пожара, оценивается предварительно его площадь, находятся преграды для остановки огня, определяются проезды, проходы к местам работ, делается прогноз развития пожара по результатам определения параметров лесных горючих материалов (ЛГМ) на пути продвижения огня с учетом влияния рельефа, погодных условий и т. д.

После остановки открытого горения при обследовании (разведке) торфяного пожара часто возникают специфические задачи, не характерные для других видов пожаров.

### **3.1. Специфические задачи обследования торфяных пожаров**

На торфяном пожаре необходимо определить:

- точные места расположения (координаты) и примерные площади всех очагов тления, а также разметить очаги на местности для распознавания в условиях, когда не виден дым;
- глубины очагов (в некоторых случаях глубина будет отличаться на разных очагах в пределах одного пожара);
- оптимальные места забора воды и запасы воды для тушения каждого очага (группы очагов), если предстоит прямое тушение;

- уклоны каналов осушительной сети и уклоны местности, ключевые высоты, в том числе высоты мест расположения очагов для оценки возможностей тушения с применением методов подтопления;
- уровень грунтовых вод;
- глубину залегания торфа;
- влажность торфа на разных глубинах;
- характер подстилающих минеральных пород;
- места расположения сохранившихся гидротехнических сооружений, места бобровых плотин, места, подходящие для создания плотин (временных некапитальных грунтовых перемычек);
- места разрушенных (прогоревших) дорог, в том числе насыпей узкоколейных железных дорог;
- места с завалами из упавших деревьев.

## **3.2. Инструменты для обследования торфяных пожаров**

### **3.2.1. Обследование торфяных пожаров при отсутствии специального оборудования**

Необходимость обследования торфяных пожаров обусловлена тем, что визуально, в отличие от низовых и верховых пожаров, установить кромку пожара практически невозможно. Тление торфа протекает на определенной глубине, и выделение дыма, и другие визуальные признаки могут наблюдаться на значительном расстоянии от фактической кромки пожара. При этом не следует забывать, что ликвидация любого лесного пожара, в том числе и торфяного, начинается с установления периметра и пройденной огнем площади. При тушении торфяных пожаров заход людей за границы обозначенной кромки пожара категорически запрещается. Особенно важно установить границы каждого из очагов пожара при многоочаговых торфяных пожарах. Выделение кромки пожара производится на основе разницы температур тлеющего и соседствующего с ним торфа с использованием специальных приборов (инструментов). При отсутствии нижеописанных приборов установление кромки торфяного пожара производится следующим образом.



Руководитель тушения создает звено или группу из 2–3 наиболее опытных пожарных для проведения разведки. Подобранные лица оснащаются шестами длиной 4–5 м, заостренными с одного конца и гладко обструганными. В процессе разведки пожарные перемещаются друг за другом. При приближении к участку, где можно ожидать обнаружение глубокого и скрытого очага, например, при движении по горячей насыпи бывшей узкоколейной железной дороги, по крупному горящему штабелю торфа, впереди идущий протыкает торфяную залежь шестом, проверяя направление движения. Косвенными признаками приближения к кромке пожара на таком участке может служить завядание живого напочвенного покрова, листвы на деревьях. При вытаскивании шеста из торфа, при его попадании в тлеющий торф, будет выделяться дым, что свидетельствует о необходимости прекращения движения в данном направлении и установлении опознавательных знаков кромки пожара.

После установления кромки пожара разведчики перемещаются по периметру очага тления, устанавливая опознавательные знаки по периметру кромки пожара.

При кажущейся простоте указанного способа установления кромки пожара он является довольно трудоемким и связан со значительным риском для разведчиков-пожарных. Последнее вызывает необходимость использования специальных приборов для установления кромки пожара, а также для проверки активности кромки пожара и эффективности (надежности) его ликвидации. В настоящее время в качестве таких приборов можно назвать ручной тепловизор и щупы-термометры.

### 3.2.2. Ручные тепловизоры

На торфяных пожарах носимые (ручные) тепловизоры обеспечивают следующий круг задач:

- обнаружение очагов тления с дистанции в несколько десятков метров без необходимости подходить и обследовать каждый подозрительный участок. Это существенно увеличивает скорость продвижения при обследовании;

- предварительный контроль качества тушения (если тепловизор обнаруживает теплый участок после проливки водой, то это место

нужно внимательно осмотреть и проверить щупом-термометром. Скорее всего, ствольщик не увидел зону тления и пропустил горячий участок.

Следует помнить, что тепловизоры имеют определенную частоту срабатывания (обновления кадра). Чаще всего это 25 или 50 кадров в секунду. Таким образом, при быстрой смене кадра можно пропустить разогретый участок.

Также необходимо с каждым конкретным прибором внимательно изучить инструкцию и разобраться в технических характеристиках (прежде всего, размер матрицы, фокусное расстояние, угол зрения камеры) и в настройках. Чем больше размер матрицы, тем выше чувствительность прибора и тем с большего расстояния он, как правило, может обнаружить небольшой очаг тления.

Некоторые характеристики тепловизоров, которые нужно принимать во внимание, выбирая прибор для работы на пожарах:

- *Сенсор тепловизора* – наиболее важный элемент. Сенсор представляет из себя микроболометрическую матрицу из малейших частиц – абсорберов. Абсорберы способны поглощать электромагнитные волны. Чем больше поглощение, тем больше сопротивление и нагрев болометра. Нагрев преобразуется в цифровой сигнал, формирующий тепловое изображение.

- *Разрешение сенсора* очень важно для выбора пожарного тепловизора. Во встроенных в смартфоны тепловизорах разрешение (размер матрицы) может быть 120×160, в автономных ручных приборах скорее 384×288 и 640×480 элементов. Чем больше разрешение, тем более детализированным будет изображение. Чаще всего, чем выше значение разрешения, тем меньше оптическое увеличение. «Дистанция наблюдения», которую многие производители указывают как значимую характеристику, от размера матрицы напрямую не зависит и является весьма условной.

Для работы ручным тепловизором при пожаре на кромке или на выявлении очагов тления торфа при пешем обследовании достаточно разрешения 120×160. Для работы с больших дистанций (обзор с возвышенности) или с транспорта (с квадроцикла, машины) желательно применять приборы с размером матрицы 384×288 элементов.

- *Шаг пикселей* – размер пикселя матрицы. Влияние этой характеристики не так однозначно, так как сильно связано с площадью самого сенсора. Уменьшение шага позволяет уменьшить количество «шумов», но это значение лучше связывать в совокупности с относительным отверстием объектива, так как это приводит к лучшему пониманию влияния этого показателя. Основные принятые размеры шага пикселя – 12,17 и 25 мкм.

- *Частота обновления* – это параметр прибора, показывающий, сколько раз в секунду происходит обновление кадра на дисплее.

Наиболее распространенные варианты – 25, 30, 50 и 60 Гц. Частоты в 25–30 Гц обычно достаточно при наземном ручном использовании тепловизора на кромке пожара и в режиме фотофиксации тепловых аномалий.

Для записи видео и для быстрого обследования с применением транспорта предпочтительно 50 Гц. Чем выше значение частоты, тем быстрее изображение появляется на дисплее, меньше вероятности «торможения» или образования «шлейфа» при перемещении объекта, меньше вероятность пропустить небольшой очаг при быстром перемещении с прибором.

- *Температурная чувствительность NETD* – характеристика наличия так называемых тепловых шумов, отвечающая за точность и удобство восприятия получаемой информации от сенсора. NETD определяется многократным считыванием информации с одного абсорбера, при наведении прибора на один теплый объект. Данные усредняются и сравниваются с показателями других. Чем меньше значение температурной чувствительности, тем качественнее сенсор. Измеряется в микрокельвинах (mK).

Тепловизоры для работы на пожарах чаще всего имеют значение NETD менее 70 mK или менее 50 mK (в более дорогих версиях).

- *Спектральный диапазон чувствительности* – рабочий диапазон длины волны воспринимаемого прибором инфракрасного излучения. Практически все современные переносные приборы имеют стандартный диапазон от 8 до 14 мкм.

Сейчас тепловизоры чаще всего могут выдавать оператору как визуальное, так и тепловое, и смешанное (совмещенное) изображение (рис. 17).



Рис. 17. Обследование торфяного очага при помощи ручного тепловизора, вставляемого в разъем смартфона. Экран смартфона со специальным приложением становится рабочим экраном и органом управления тепловизором. А сама тепловая камера реализована как отдельное небольшое устройство с Type-C разъемом

Человеку привычнее видеть обычную визуальную картинку для понимания того, на какой объект сейчас направлен прибор (рис. 18).

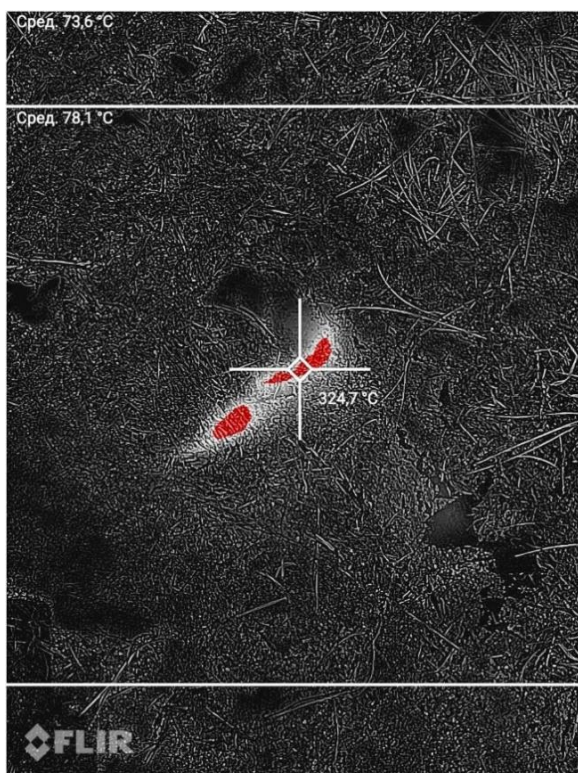


Рис. 18. Изображение очага тления, полученное тепловизором, встроенным в защищенный смартфон. Одна из камер устройства – тепловизор. Специальное приложение совмещает изображение с фотографией, полученной с обычной камеры смартфона, с координатами от GPS модуля телефона

Для того, чтобы не пропустить горячие тлеющие очаги, на многих приборах реализован механизм оповещения о высокой (выше пороговой) температуре. Установку такого порога для срабатывания звукового сигнала можно рекомендовать делать на первом обнаруженном очаге. В случае, если окружающие материалы прохладные, например,  $10^{\circ}$ , звуковой сигнал можно поставить на температуру  $30^{\circ}$ . Так можно практически точно не пропустить даже скрытый, экранированный корнями и травой очаг. Также сигнал оповестит о теплокровных животных, людях, разогретой технике, попадающих в поле зрения. Если окружающие поверхности нагреты (в том числе солнечными лучами), то порог срабатывания придется ставить выше. Например,  $50$  или даже  $60^{\circ}\text{C}$ . Это позволит «отфильтровать» нагретые солнцем обугленные пни, темные поверхности, но, возможно, также оставит не обнаруженным и какой-нибудь прикрытый чем-то очаг (рис. 19).



Рис. 19. Обнаружение скрытого (подземного) очага тления тепловизором

В случае, если обследование с ручными приборами приходится проводить с применением мотовездеходов и других шумных транспортных средств, можно рекомендовать использовать оператору наушники (рис. 20). Тогда звуковой сигнал о превышении пороговой температуры с большей вероятностью будет услышан. Так же, как и звуковой сигнал, изображение с тепловизора часто можно вывести на более крупный экран или на виртуальные очки, чтобы оператор мог более надежно отсматривать получаемые изображения.



Рис. 20. Подготовка оператора с промышленным ручным тепловизором к обследованию с мотовездехода. Производится калибровка и настройка прибора, наушники используются для оповещения оператора об обнаружении температуры, выше пороговой

При работе с ручными тепловизорами необходимо писать треки такого обследования, чтобы затем, положив их на электронную карту, проверить, не осталось ли необследованных участков.

### 3.2.3. Пирометры инфракрасные

Пирометр (радиационный термометр) – это прибор, предназначенный для дистанционного (бесконтактного) измерения температуры различных объектов (предметов).

Пирометр измеряет значение амплитуды электромагнитного излучения объекта и преобразует его в температуру. Тепловой (инфракрасный) луч, излучаемый предметом или отраженный от предмета, фокусируется оптической системой и направляется на датчик. Последний преобразует тепло в электрический сигнал, величина которого пропорциональна температуре объекта, после чего происходит обработка электронным измерительно-счетным устройством прибора, а результат отображается на дисплее в виде цифровых показателей.

Сфера применения таких приборов очень широка. Например, стационарные устройства устанавливаются в цехах заводов, где они

функционируют непрерывно в режиме онлайн-мониторинга процессов, при которых необходим контроль температуры. Мобильные (портативные) пирометры используются для бесконтактного измерения температуры тела пациентов в медицине, применяются для измерений температуры проводов, плат в компьютерах, серверах, используются на работах в труднодоступных или опасных местах.

Одни модели пирометров позволяют измерять температуру точки (области) на контролируемом объекте, другие – дают возможность получать картину одномерного (двумерного) распределения температуры на конкретной площади или участке объекта измерения.

Часто возникает вопрос: в чем принципиальная разница между пирометром и тепловизором? Инфракрасный пирометр в результате проведенного единичного измерения выдает одно единственное значение – результат измерения температуры отдельной точки (или усредненное значение для небольшой области) на исследуемом объекте. Тепловизор, в отличие от пирометра измеряет температуру каждого пикселя всего теплового изображения на своей матрице и позволяет визуализировать всю сцену в тепловом режиме. При этом пирометр чаще всего значительно дешевле тепловизора и его предпочитают использовать для тех задач, где его достаточно.

При тушении пожаров пирометры нашли свое применение на подземных пожарах, например, в угольных и медно-колчеданных шахтах, где они применяются для поиска скрытых очагов горения грунта, для замеров температуры стен шахт, для измерений в полостях и в технологических отверстиях, куда невозможно дотянуться контактными термометрами (щупами). Также уже много лет пирометры применяют на почвенных (торфяных) пожарах для поиска очагов и оценки их температуры (рис. 21–23).

При выборе пирометра для работы на пожарах надо учитывать, что у радиационных термометров имеется много важных для пользователя характеристик.

При выборе пирометра для работы на торфяных пожарах следует обратить внимание на следующие особенности и характеристики:

- оптическое разрешение;
- возможность устанавливать коэффициент излучения (излучаемость);

- диапазон измеряемой температуры;
- быстрое действие;
- погрешность измерения;
- наличие встроенного в пирометр контактного датчика температуры (термодатчика, термощупа);
- способ прицеливания (лазерный целеуказатель в виде точки или круга);
- возможность видео- и фотозаписи;
- возможность передачи данных на ПК;
- регистрация и удержание данных на дисплее.



Рис. 21. Применение инфракрасного пирометра для обследования зимних торфяных пожаров



Рис. 22. Применение инфракрасного пирометра для детального обследования глубоких торфяных очагов



Рис. 23. Применение инфракрасного пирометра для поиска перезимовавших очагов тления



К наиболее важным характеристикам относится оптическое разрешение пирометра (показатель визирования). Характеристика записывается как отношение расстояния до объекта к площади пятна, с которого производятся измерения температуры. Оптическое разрешение 10:1 означает, что на расстоянии 10 м прибор будет снимать показания с пятна диаметром 1 м. Чем выше первая цифра, тем точнее измерения.

Для правильного выбора оптического разрешения устройства надо знать обычную дистанцию, с которой предполагается применять прибор и обычный размер объекта, температуру которого мы собираемся измерять. Например, требуется замер температуры визуально замеченного вероятного торфяного очага (ямки с золой), площадью  $0,5 \text{ м}^2$  с десятиметрового расстояния для определения, есть ли там тление и нужно ли подойти для более детального обследования. В этом случае инфракрасный термометр, оптическое разрешение которого составляет 4:1, не подойдет (слишком большое пятно, с которого прибор будет снимать показание излучения, не позволит нам обнаружить небольшой не слишком горячий объект). А вот прибор с оптическим разрешением 12:1 на дистанции 3 м уже вполне вероятно поможет определить, горячий ли очаг, не подходя к нему. Приборы с оптическим разрешением 50:1 могут решить эту же задачу с гораздо большей дистанции, если возможно точное наведение на объект интереса.

Точность измерений будет значительно снижаться при ошибочном нацеливании инфракрасного пирометра на площадь, большую, чем площадь контролируемого предмета (объекта). Поэтому большинство современных термометров оснащается специальным лазерным указателем цели. Оптимальное для использования на пожаре технологическое решение такого указателя – не точка прицеливания, а сформированное лазерным указателем визуально заметное кольцо, показывающее область, в которой производится измерение. Оно позволяет точно наводить прибор на нужный объект измерения, не зная точное расстояние до него.

**Коэффициент излучения** (называемый иногда «степень черноты») характеризует способность поверхности тела излучать инфракрасную энергию. Этот коэффициент определяется как отношение энергии, излучаемой конкретной поверхностью при

определенной температуре, к энергии излучения абсолютно черного тела при той же температуре. Коэффициент излучения пирометра может принимать значения от очень малых, ниже 0,1 до близких к 1. В недорогих моделях пирометров он как правило фиксированный (усредненный) – 0,95. Если вы измеряете температуру объекта, у которого степень черноты отличается от 0,95, то пирометр с фиксированным коэффициентом будет измерять с большей погрешностью. В более дорогих моделях есть возможность устанавливать для каждого объекта свой коэффициент излучения. Неправильный выбор коэффициента излучения – основной источник погрешности для всех пирометрических методов измерения температуры.

Для торфяных очагов коэффициент излучения может быть принят за 0,94–0,95 (наличие открытого обугленного слоя почвы, фрагментов обугленной древесины определяет высокое значение коэффициента). В большинстве случаев применение коэффициента излучения 0,95 дает на торфяном пожаре приемлемую погрешность (около 1,5 градусов). При этом, если не менять настройки прибора, измерение пирометром температуры полностью минеральной светлой торфяной золы на поверхности очага (например, в случае пожара на верховом торфе), а также неповрежденной почвы вокруг очага, растительности, тепла человеческого тела и т. п. может быть менее точным (возможны ошибки на несколько градусов в одну или в другую сторону).

Откалибровать прибор и выставить нужные настройки по проведенным контактными измерениям позволяют модели со встроенными термощупами. Но для задач проверки торфяных очагов и поисков разогретых участков в большинстве случаев погрешностью в несколько градусов можно пренебречь.

**Диапазон измеряемых температур** также следует учитывать при выборе прибора.

Для обследования торфяных пожаров измеряемый диапазон температур должен включать интервал от 0 до 500 °С. Для научных целей желательно иметь возможность определения и более высоких температур, но для обнаружения и первоначального обследования достаточно 0–500° и даже от 0 до 300 °С. Имеющиеся сейчас на рынке приборы обычно позволяют измерять температуры в диапазоне от –50° до +550 °С с точностью  $\pm 1,5$  °С.

Нежелательно (может привести и к ошибочным значениям и к нарушениям в работе прибора) наводить пирометр на заведомо более горячие предметы, чем позволяет его диапазон измеряемых температур, а также направлять прибор на Солнце.

**Быстродействие.** Определяется как промежуток времени, который проходит с момента резкого изменения на входе пирометра до того, как выходной сигнал достигает соответствующего значения на выходе. Среднее быстродействие большинства современных моделей не превышает 1 с.

**Технология применения прибора при обследовании торфяного пожара.**

Чтобы измерить температуру торфяного очага, достаточно включить прибор, навести его на объект, нажать кнопку. Цифровой дисплей покажет значение с точностью 1,0–1,5 °С. Применение прибора на обследовании торфяного пожара можно рекомендовать в утреннее и вечернее время или в облачный день, когда солнечные лучи не нагревают темные предметы и поверхность почвы. В этих условиях обнаружить и обследовать очаги тления проще, меньше вероятность ошибок.

В случае, если приходится искать торфяные очаги в сложных для прибора условиях (прямые солнечные лучи, нагрев поверхностей), желательно применять прибор с меньшей дистанции. Периодически проверять значения температуры известных объектов. Например, наводить на нагретые черные обугленные корни и стволы упавших деревьев, которые можно потрогать рукой. Обнаружив очаг тления – внимательно его осмотреть и проверить, с какого расстояния в этих условиях он определяется пирометром и какие значения выдает прибор на экране.

В случае, если прибор оснащен зуммером (звуковым оповещением), на установленную границу температур нужно установить пороговое значение так, чтобы при минимальных ложных срабатываниях не пропустить горячий очаг. Например, если корни, обугленные пни, стволы деревьев нагрелись на солнце до температуры 35 °С, но более горячих предметов не попалось при измерении, разумно установить звуковой сигнал на пороговое значение 37 °С.

Обнаруженный при помощи пирометра очаг тления следует уже с более близкого расстояния обследовать при помощи прибора, определить внешние нагретые границы очага. К краям необследованного очага следует подходить с осторожностью, помня о том, что почва (дерновина) может нависать по краям над прогаром, поскольку иногда (особенно при влажной погоде в последние дни) подземная часть очага продвигается быстрее, чем поверхностная.

Определив внешние границы поверхностной части очага, их можно отметить яркой лентой (например, красно-белой или желто-черной), для того, чтобы в дальнейшем очаг было легче найти. Также обязательно нужно отметить очаг в навигаторе.

Пирометры также могут быть использованы для контроля качества тушения, особенно, когда речь идет об обширных, но неглубоких очагах тления. В таком случае протушенную кромку очага с небольшой дистанции промеряют пирометром в поисках участков, нагретых выше порогового значения. Обычно в качестве порогового значения устанавливают 40 °С. Если при таком обследовании находится участок с более высокой температурой, его следует детально осмотреть, раскопать, проверить щупом-термометром. Если при детальном осмотре обнаруживается тление, идет дым или пар, находятся горячие фрагменты не смоченной водой торфяной золы или обнаруживаются пласты даже влажного, но горячего торфа, этот участок следует еще раз пролить водой, тщательно перемешать грунт в летний период или раскопать и разбросать по замерзшему грунту вокруг в зимний период.

При работе с ручными пирометрами так же, как и с тепловизорами, необходимо писать треки такого обследования, чтобы затем, положив их на электронную карту, убедиться, что не осталось необследованных участков.

### **3.2.4. Щупы-термометры**

Щупы-термометры позволяют измерять температуру на глубине, что невозможно сделать другими приборами. Именно щупы-термометры позволяют быстро определить глубину очагов тления торфа, реальные размеры очагов под нависающими краями. Но главное

назначение щупов-термометров – контроль качества тушения торфяных очагов.

Принцип работы и устройство большинства доступных в нашей стране щупов-термометров примерно одинаковы. Щуп состоит из рабочей части – полый металлической заостренной на конце трубки, которую погружают в почву. Внутри (в самом конце) трубки расположена термопара, которая по проложенным в трубке проводам передает сигнал на контроллер, расположенный в рукоятке, и выводящий данные о температуре на небольшой экран. Чаще всего такие щупы работают на сменных электрических элементах питания (аккумуляторах, батарейках). Металл рабочей трубки, ее длина, толщина стенок, используемые термопары, термопасты, модели контроллеров могут отличаться (рис. 24).



Рис. 24. Внешний вид торфяного термощупа

Технические характеристики наиболее распространенной модели термощупа приведены ниже.

#### Технические характеристики термощупа

Диапазон измерений температуры.....	от минус 50 °С до +300 °С
Масса, кг .....	0,8
Длина ствола, мм .....	1530
Длина ручки, мм .....	300
Диаметр щупа, мм .....	25

Важно помнить, что при измерении происходит нагрев стенки трубки, и только после этого оператор видит изменение температуры на экране (рис. 25).



Рис. 25. Применение на торфяном пожаре для оценки глубины очагов щупа-термометра для силоса и торфа, произведенного заводом «Замер»

В случае слишком быстрого погружения инструмента в почву возможна ситуация, когда кончик щупа с термопарой уходит ниже разогретого участка и зона тления оказывается не обнаруженной. Для надежного обследования очага необходимо, не торопясь, измерять температуру на разных глубинах, втыкать щуп под разными углами как в центр, так и в края очага (рис. 26).



Рис. 26. Применение щупа-термометра конструкции Peat Termal для контроля качества тушения. Проверка показывает, что очаг необходимо дотушивать

Критической пороговой температурой, выше которой очаг следует еще раз пролить водой и перемешать лопатами, эмпирически определена температура в 40 °С. Чаще всего, при таких показателях щупа при дальнейшем вскрытии очага обнаруживаются горячие, не обнаруженные ранее участки (рис. 27).



Рис. 27. Потушенный торфяной очаг и щупы-термометры, оставленные на несколько минут на различных глубинах для более точного замера оставшейся температуры

### 3.2.5. Геодезическое оборудование

Измерение рельефа – первое, с чего начинаются работы по подтоплению и подъему уровня грунтовых вод на осушенных торфяниках. Только сделав измерения, можно понять, до какой отметки поднимется уровень воды и достаточен ли он для выполнения наших задач; где будут границы затопления; где будет сливаться избыток воды, притекающий по каналу, в том числе при весеннем паводке; каким будет перепад уровней воды на одиночной плотине или каскаде плотин. Также можно определить общий уклон местности, уклон каналов и их профиль, рассчитать количество стройматериалов, необходимых

для возведения перемычки на канале. Работы по измерению рельефа местности осушенного торфяника проводятся оптическим нивелиром или GNSS-оборудованием (GNSS или ГНСС – глобальная навигационная спутниковая система). На пожарах в большинстве случаев работы ведутся в так называемой пользовательской или условной системе координат, так как важно определить, насколько одна точка местности выше другой, а не их абсолютные отметки в Балтийской системе высот. В геодезии высота точки местности от некоего заданного уровня называется отметкой.

### *Измерение оптическим нивелиром*

Данный способ подходит для измерений на небольшом участке, в радиусе до 150 м. Например, чтобы определить, какой берег канала выше, оценить, расположен очаг выше или ниже уровня, на который мы хотим поднять воду в канале. Оптический нивелир – это самый простой и доступный геодезический прибор. Всегда используется вместе с одной или несколькими геодезическим рейками и, желательно, рулеткой длиной 30 или 50 м (рис. 28).

Для его работы необходима прямая видимость между прибором и точкой, отметку которой измеряем. Геодезическая рейка представляет собой раздвижную телескопическую линейку с отсчетом от нижнего конца («пятки»). На одной ее стороне нанесена шкала с ценой деления 1 мм, на другой – Е-шкала с ценой деления 1 см. Для работ на торфяниках достаточно рейки длиной 5 м. Оптический нивелир – это подзорная труба с 20–33-кратным увеличением, визирная ось которой всегда горизонтальна, как и поверхность воды (если прибор исправен и правильно установлен). Он позволяет на расстоянии нескольких десятков метров с большой точностью считывать показания с геодезической рейки и таким образом определять разность высотных отметок интересующих нас точек. Рекомендуемое расстояние от нивелира до рейки – не более 50–75 м. Показания считывают с точностью до 2 мм. Поскольку дальность работы оптическим нивелиром ограничена, большой объект разбивают на участки нивелирными реперами – закрепленными на местности точками с неизменными координатами и отметками. К ним относятся: гвоздь, забитый в ствол дерева у его основания и выступающий на 3–5 см; вбитый в землю деревянный кол



или металлический прутки длиной 1,0–1,5 м; негнилой пень, точка измерений на котором отмечена вбитым гвоздем; верхняя часть трубы на переезде под дорогой, точка измерений на которой отмечена краской и т. п.



Рис. 28. Перемещение на торфяной пожар с геодезическим оборудованием для измерения рельефа и с щупами-термометрами

Все работы на объекте или участке начинаются с установки репера. Благодаря ему в последующие дни можно провести уточняющие измерения, так как мы будем иметь на местности точку, отметка которой нам известна. В начале работы крайне важно неподвижно установить штатив с нивелиром на станции измерения, полностью заглубив наконечники опор штатива в грунт. Торфяные и болотные грунты продавливаются под ногой человека, что приводит к смещению нивелира и делает измерения непригодными. Стараемся установить штатив на твердых минеральных грунтах. Если это невозможно, то не наступаем на землю в радиусе 30–40 см от точек заглубления опор штатива.

Места установки нивелирной рейки, т. е. точки измерений, выбираем:

- при измерениях общего рельефа участка – на переломах рельефа и в его средних точках, не на локальных возвышениях или впадинах;

- при измерении профиля канала – на переходе от поверхности берега к откосу стенки канала, на дне канала с установкой пятки рейки по возможности на твердое дно; одновременно считывается уровень воды;

- при определении отметки гребня плотины – на самой нижней точке гребня;

- при определении отметки перелива ищем самую верхнюю точку на том пути, по которому будут сбрасываться излишки воды.

При измерениях показания на шкале считываются по центральному перекрестью окулярной сетки. Два дополнительных штриха являются дальномерными и позволяют измерить расстояние от нивелира до рейки. Как правило, у оптических нивелиров коэффициент дальномермера равен 100, т. е. сколько сантиметров мы видим между дальномерными штрихами, столько метров от нивелира до рейки. Погрешность такого измерения – около 1/300 измеряемого расстояния.

Результаты измерений удобно заносить и обрабатывать в формуляр нивелирных измерений, заранее подготовленный в удобной для вас форме.

Что обычно заносят в такую таблицу:

Заднее измерение – это нивелирный репер, с которого мы начинаем измерения на данном участке. Если это самый первый репер на всем объекте, его отметку (высотную координату) мы назначаем сами. Как правило, это четырехзначное число, обозначающее отметку данной точки в миллиметрах. Специалисты советуют назначать высоту первого репера в интервале 5000–9000 мм, чтобы в дальнейшем избежать отрицательных чисел. Назначенную высоту репера мы записываем в столбец «Высота», а считанные по рейке показания – в ту же строку в столбец «Заднее». Промежуточное измерение – считанные по рейке показания при измерениях всех точек поверхности и уровня воды, взятые на данном участке, заносятся в последующие строки. Переднее измерение – считанное по рейке показание при измерении следующего репера, которым закрываются измерения на данном участке (при наличии такого репера). Высоты измеренных точек вычисляются по формуле:  $H = \Delta h + \text{Высота репера} = \text{Заднее} - \text{Промежуточное} + \text{Высота репера}$ . Все вычисления ведутся с сохранением знака (алгебраические вычисления). При переносе нивелира на следующий

участок измерений его высота в формуляре переносится на следующую строку (зеленая стрелка), но делается новое заднее измерение для нового участка. Более подробно о работе оптическим нивелиром, способах поверки и настройки прибора можно прочитать в инструкции к нему и в учебниках по инженерной геодезии.

### *Измерение спутниковыми геодезическими приемниками GNSS*

GNSS (ГНСС)–оборудованию относятся высокоточные спутниковые приемники геодезического класса. Они позволяют проводить измерения с сантиметровой точностью, не требуют прямой видимости на местности, но требовательны к открытому небу: ветви и листва не должны закрывать спутники (рис. 29).



Рис. 29. Измерения рельефа на крупном многоочаговом торфяном пожаре для организации его тушения подтоплением

Эти приборы стоят дорого, но можно взять их в аренду. Современный ГНСС–приемник – это водо- и ударозащищенный моноблок, в котором находятся антенна приема спутникового сигнала, микропроцессор обработки данных, аккумуляторы, приемо-передающая аппаратура для связи с другим оборудованием, кнопка включения и вспомогательные индикаторы. Приемник устанавливается на геодезическую вежу, которая нужна для его установки над точкой измерения (рис. 30).



Рис. 30. Использование спутникового геодезического оборудования при определении глубин зимних торфяных пожаров и для оценки возможности их подтопления весной

Приемником управляют с контроллера – защищенного андроид-устройства, на которое установлена программа для работы с ГНСС–приемниками. Связь приемника и контроллера осуществляется по *bluetooth*-каналу. Точки на местности при измерениях спутниковым приемником берутся так же, как при измерениях оптическим нивелиром. Дополнительно рекомендуется устанавливать реперы, аналогичные нивелирным, около тех мест, где в последующем предполагается проводить работы, а также по углам и по периметру участка работ. Позже это позволит проводить локальные измерения недорогим оптическим нивелиром или перенести базовый приемник на новую позицию (об особенностях работы от собственной базы см. ниже). ГНСС–приемники всегда работают парами, так как измеряют изменение координат подвижного приемника (ровера) относительно

неподвижного (базы). Есть два способа организации работы: от сети референсных станций и от собственной базы.

При работе от сети референсных станций пользователю достаточно иметь один роверный (переносной) приемник для измерений на местности. Роль базового приемника в этом случае будет выполнять спутниковый приемник, неподвижно закрепленный на каком-либо здании. Координаты этого неподвижного приемника с высокой точностью определяет его владелец при установке. Связь такого базового приемника и ровера осуществляется через мобильный интернет. Работа от сети референсных станций возможна только в зоне с устойчивым мобильным интернетом. Доступ к сети референсных станций платный. Обычно организация, которая сдает в аренду ГНСС-оборудование, сразу предоставляет и доступ к своим станциям. Измерение рельефа таким способом возможно на удалении до 50 км от базовой станции. Среднеквадратическая погрешность (СКП) результатов измерений вычисляется по формуле:  $15 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км}$ . Но на практике СКП может достигать до 12–15 см при работе на расстоянии 50 км от базовой станции. Данный способ можно использовать для предварительных оценочных измерений на объекте, где точности плюс-минус 15 см достаточно, чтобы понять, подтопим ли мы ближайшую дорогу или садоводческое товарищество. При этом все измерения будут выполняться в Балтийской системе высот, в которой определены отметки всех приемников референсных станций на территории РФ.

Способ работы от собственной базы – более удобный и точный, но дорогостоящий. В этом случае нам необходимо иметь два одинаковых приемника, один из которых неподвижно установлен на точке, которую мы назначаем базовой, а второй будет переносным ровером. Среднеквадратическая погрешность (СКП) результатов измерений будет 2–4 см, т. е. высотные отметки будут определены с точностью от  $\pm 2$  до  $\pm 4$  см. Связь между приемниками базы и ровера осуществляется по безлицензионному радиоканалу LPD-диапазона (433 МГц) передатчиком мощностью 2 Вт. Данной мощности достаточно для связи приемников на расстоянии до 3,5 км в условиях заросшего подлеском (чапыжником) торфяника. Возможна установка выносного радиопередатчика мощностью до 35 Вт, но на его использование необходимо

получить разрешение в местном радиопередающем центре. Для обеспечения дальности радиосвязи и уверенного приема спутникового сигнала без помех, базовый приемник лучше установить в месте с открытым небосклоном на высоте не менее 3 м над землей. Для этого подходят геодезическая веха в сочетании с триподом или геодезический штатив с вешкой-удлинителем. Важно надежно установить базовый приемник, чтобы его не опрокинуло порывом ветра.

Перед началом работы в месте установки базы мы забиваем в землю реперный кол, который считаем базовым. На него мы устанавливаем наконечник вехи с базовым приемником, или от его верха измеряем высоту расположения базы на штативе. Отметку и плановые (горизонтальные) координаты данного репера назначаем сами. Для простоты можно использовать координаты базового репера, определенные роверным приемником перед началом работ. Обычно в работе на пожаре мы никак не привязываемся к системе координат пунктов Государственной геодезической сети (ГГС), в этом нет необходимости. Чтобы понять, куда течет вода, какой уклон у каналов, какой профиль у канала, нам достаточно знать превышение одной точки над другой, а не их высоту относительно Кронштадтского футштока, принятого в России за нулевую отметку высот. Если мы планируем работать на данном объекте или участке более одного раза, то обязательно нужно сделать «сдвиг базы». Когда мы включаем базовый приемник, он определяет свои координаты грубо, с погрешностью до нескольких метров.

Из-за этого измерения разных дней будут сдвинуты друг относительно друга на величину той самой погрешности, даже если приемник занимает строго одно и то же положение над базовым репером. Чтобы этого избежать, нам нужно раз и навсегда назначить координаты базового приемника на местности и при каждом новом включении базы (как правило, в начале рабочего дня) принудительно «напоминать» ему их. Что делать после установки базового приемника над базовым репером при самом первом включении:

1. Измерить расстояние от базового репера до специальной пластины на приемнике и записать его в блокнот и на колышек базового репера.

2. Включить базу и ровер.

3. При помощи ровера определить плановые и высотную координаты базового репера. При этом в памяти контроллера автоматически создается точка *Vaze1* с грубо определенными координатами. В следующие дни работы будут создаваться точки *Vaze 2*, *Vaze 3* и другие.

4. К полученной высотной координате базового репера прибавить высоту приемника над ним — так получается отметка непосредственно головы базового приемника, а плановыми координатами головы, чтобы не усложнять, назначим координаты базового репера.

5. Записать в несколько мест (блокнот, ведомость измерений, карту, дублирующий туристический навигатор) полученные плановые координаты и отметку головы базового приемника. Это и будут назначенные навсегда ее координаты.

6. В контроллере зайти в раздел «База данных точек» (или аналогичный) и создать точку с назначенными координатами, назвав ее, например, «База\_1\_Измер.». Координаты прописать вручную с клавиатуры. Это будет т. н. каталожная точка.

7. Зайти в раздел «Сдвиг базы», где нас просят указать ГНСС-точку и каталожную точку. ГНСС-точкой указать точку *Vaze1* (в следующие дни *Vaze2* и *Vaze3*, соответственно), а каталожной — каждый раз нашу назначенную точку «База\_1\_Измер.». Нажать кнопку *Ok*, и программа сама вычисляет сдвиги базы для каждого дня измерений. Чтобы убедиться, что сдвиги применены верно и мы каждый день работаем в одних и тех же координатах, полезно на расстоянии 10–20 м от базы заложить два контрольных репера. Их координаты, определенные после самого первого сдвига базы, станут контрольными. В следующие дни в начале измерений после процедуры сдвига базы мы проверяемся на контрольных реперах: нам важно, что их координаты, измеренные сегодня (в первую очередь отметка), совпадают с координатами самого первого измерения с погрешностью до 4 см.

Результаты ГНСС-съемки можно получить из контроллера в виде файлов формата:

- *kml* для загрузки в программу *Google Earth* или аналогичную. Точки имеют только плановые координаты, без высотных отметок. Можно на космоснимке наглядно увидеть, где именно взяты измерения, но нужно учитывать погрешность привязки самого космоснимка;

- .csv — это таблица Excel с полной информацией по каждой точке (координаты, отметка, дата съемки, от какой базы и пр.);
- .dxf для загрузки в специальную программу для построения цифровой модели рельефа. Можно в процессе съемки оперативно наносить отметки точек на бумажную карту или абрис (схематичное изображение) местности. Возможен и промежуточный вариант, когда файл с расширением .kml загружают в программу и редактируют нужные точки, вписывая отметки вместо их имен. Таким способом удобно делать электронные обзорные карты для последующей демонстрации и печати.

### 3.2.6. Буры-пробоотборники

В некоторых случаях для принятия решения о той или иной технологии тушения торфяного пожара необходимо проверить его геологическое строение. Первоначальные предположения делаются на основе геологических карт, но перед тем как, например, прокопать глубокий канал или создать пожарный водоем, необходимо проверить, какие грунты расположены ниже торфяной залежи, чтобы избежать неожиданной ситуации, например, при создании глубокого котлована до подстилающего песка образуется гидравлическое окно, и уровень грунтовой воды резко понижается на всем пожаре.

Также бывает полезно понять, какие типы торфа и с какой влажностью расположены под непосредственно горящим участком и какова оставшаяся мощность торфяной залежи. Это может быть важно для принятия решения о технологии тушения и для долгосрочного планирования и прогнозирования поведения пожара.

Самый простой инструмент для таких изысканий – торфяной бур-пробоотборник конструкции Инсторфа или другой ручной почвенный бур-пробоотборник (рис. 31). Устройство позволяет при относительно небольших трудозатратах извлекать пробы торфа с точно известной глубины. Сменные дополнительные трубы позволяют делать шурфы до 5 м.





Рис. 31. Бур пробоотборник почвенный

Также широко применяется при разведке торфяных залежей и может быть полезен при обследованиях с целью тушения и обводнения бур-пробоотборник ТБГ-66 (разработанный в Твери в годы работы Ин-сторфа) (рис. 32). В его конструкции зонд, пробоотборник, штанги и рукоятка соединяются между собой с помощью втулки и запираются пальчиком с проточкой и пружинным фиксатором. Процесс бурения и отбора проб осуществляется задавливанием пробоотборника вертикально в глубь торфяной залежи с нажимом на рукоятки, а отбор и захват пробы в форме колонки в зонде и пробоотборнике – поворотом бура за рукоятки по часовой стрелке.

Бур при вращении вырезает из торфяной залежи пробу в виде монолита с размерами, соответствующими керноприемным камерам зонда и пробоотборника. При вдавливании бура в торфяную почву (залежь) производится вертикальное вырезание пробы острым наконечником пробоотборника с одной стороны, а при повороте бура рукояткой на нужной глубине производится окончательное отрезание пробы с другой острой боковой кромкой пробоотборника или зонда (горизонтальное резание) и заклинивание ее в приемной камере для подъема из залежи. При необходимости получить цельную колонку из проб, извлечение проб нужно делать последовательно от поверхности по мере заглубления бура.

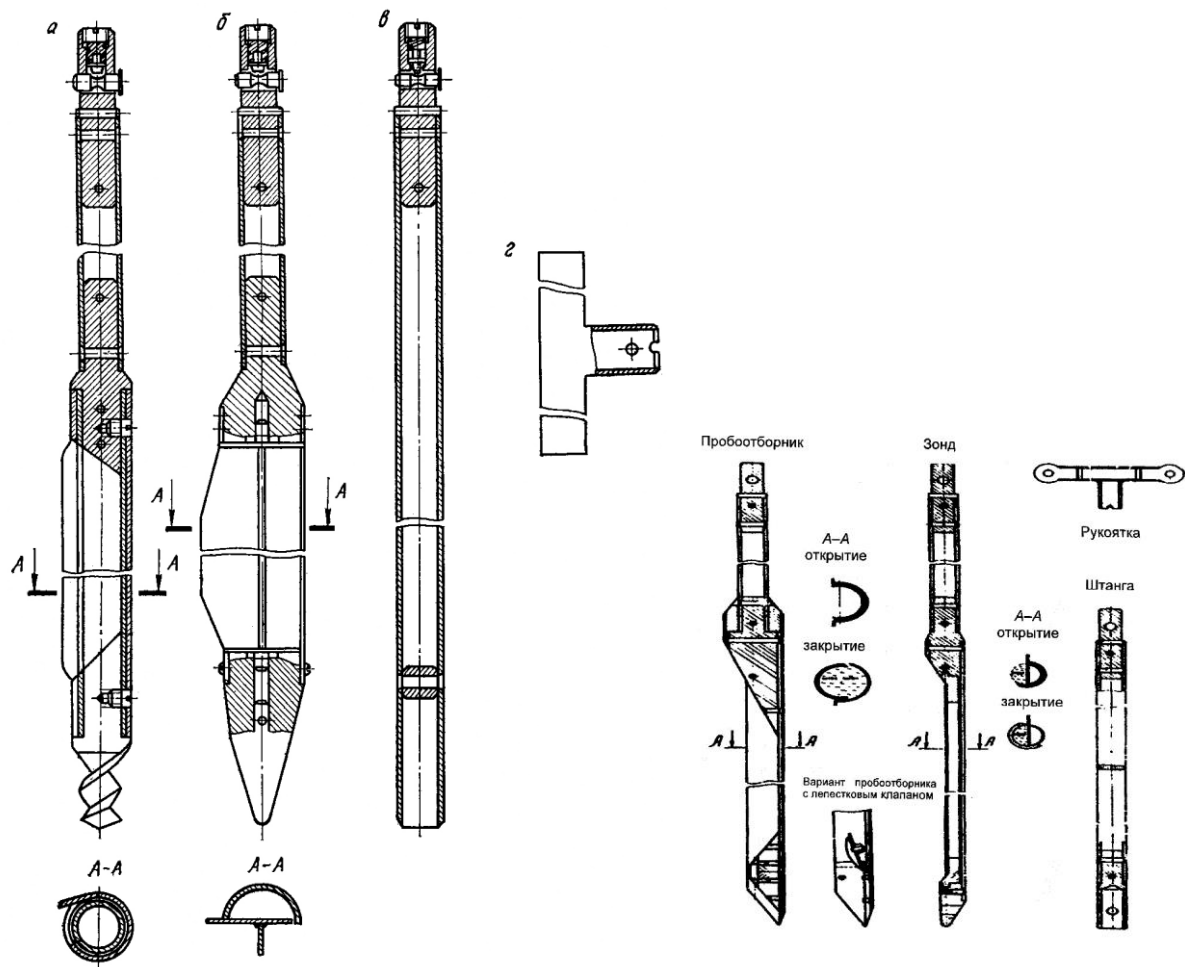


Рис. 32. Бур – пробоотборник ТБГ-66  
 а – зондировочный челнок,  
 б – челнок-пробоотборник,  
 в – штанга, г – ручка

Технологический процесс (цикл) отбора проб торфяной залежи одинаков для пробоотборников многих конструкций и состоит из последовательных стадий:

1) бур с закрытым пробоотборником, который открывается только перед слоем отбора проб и в открытом состоянии задавливается в этот слой на глубину приемной камеры пробоотборника;

2) поворот бура рукояткой в залежи на требуемой глубине на 180° по часовой стрелке, если смотреть на бур сверху;

3) подъем бура из залежи на поверхность и отсоединение штанг по мере подъема и извлечения бура из залежи;

4) открывание пробоотборника для просмотра отобранной пробы торфа и экспертная экспресс-оценка пробы (растительный состав,

степень разложения, примерная влажность) или отбор образцов на лабораторный анализ;

5) очистка керноприемной камеры от остатков отобранной пробы для подготовки пробоотборника к продолжению работы (к следующему циклу извлечения пробы).

В случае попадания буром в процессе работы в плотную залежь, минеральные прослойки или на корни, или не очень прочный пень, проходку можно попробовать осуществлять легкими ударами (рывками) бура. Если не удастся пробиться через этот плотный слой, бур извлекается на поверхность и процесс отбора проб осуществляется на новом месте.

Допускаемые усилия на бур при задавливании – 200 кг (на рукоятке могут повиснуть два взрослых человека), при повороте – 10 кг на конец рукоятки (вращать лучше без чрезмерных усилий одному работнику).

При небольших мощностях залегания торфа аналогичную проверку можно сделать обычными лопатами или бытовыми бурами.

### 3.2.7. Влагомеры

Для определения влажности торфа с целью прогнозирования дальнейшего поведения пожара в полевых условиях можно воспользоваться электронными влагомерами (рис. 33).



Рис. 33. Влагомер

Технические характеристики влагомера приведена ниже.

Принцип действия таких анализаторов влажности грунта основан на отражении электромагнитной волны от молекул воды измеряемого

объекта. К сожалению, их данные не точны, поскольку получаемые значения не учитывают плотность, температуру и минеральный состав конкретного измеряемого грунта. Для каждого такого прибора желательно предварительно проводить работу по его калибровке и по уточнению его показаний именно для торфа и при характерных для пожароопасного сезона температурах. После такой проверки и калибровки данные могут верно интерпретироваться (пересчитываться в реальную влажность).

## Технические характеристики влагомера

Величина диапазона контролируемой влажности, % .....	1–100
Предел погрешности проводимых измерений, % .....	1
Время выхода на рабочий режим, с .....	3
Интервал одного измерения, с .....	3

Пример такого влагомера, разработанного именно для грунтов – отечественный прибор влагомер грунтов МГ- 44. Применяется при измерении влажности грунта, в ирригационных системах, гидрологии, определении профиля почвенных вод, для измерения влажности бетона, песка, щебня (в т. ч. в бетономешалках). Может быть применен на торфяных грунтах как на осушенных болотах, так и на ненарушенной торфяной залежи (рис. 34).



Рис. 34. Использование влагомера на тушении зимнего торфяного пожара

Программа прибора позволяет вносить поправки в показания с диапазоном  $\pm 5\%$  и с шагом  $0,1\%$ . При внесении поправок происходит сдвиг калибровочной кривой вниз или вверх без изменения ее формы. Измерения заносятся в память прибора для каждого канала индивидуально. Это позволяет настроить прибор для работы на торфяной почве. По возможности, желательно записывать в память прибора проверенные значения для различных видов и различной плотности торфа, а также для различных температур (хотя бы для летних и зимних измерений).

Технические характеристики влагомера грунтов МГ-44 приведены ниже.

## Технические характеристики влагомера грунтов МГ-44

Величина диапазона контролируемой влажности, % .....	1–100
Диапазон измеряемой влажности, % .....	0–99
Предел погрешности проводимых измерений, % .....	1,0
Цена деления, % .....	0,1
Время выхода на рабочий режим, с .....	3,0
Интервал одного измерения, с .....	3,0
Питание .....	9 В, 1 элемент типа «Крона»
Габариты блока измерений, см .....	14,5×8×4
Размер датчика, см .....	1×14
Длина датчика-электрода, см .....	50
Вес прибора, г .....	300
Материал датчика .....	Нерж. сталь
Материал корпуса .....	Пластик

Название анализируемого продукта и процент содержания воды (относительная влажность) выводится на большом жидкокристаллическом дисплее с подсветкой. Пользователь может самостоятельно, пользуясь клавиатурой данного устройства, записывать и стирать данные любого из 99 каналов влагомера грунта.

## Вопросы для самоконтроля

1. Какие задачи ставятся при обследовании торфяных пожаров?
2. Как производится обследование торфяных пожаров при отсутствии инструментальной базы?

3. Что такое ручной тепловизор и для каких целей он применяется?
4. Для каких целей используются инфракрасные пирометры?
5. Изложите принципы работы с инфракрасными пирометрами.
6. Что такое торфяной термощуп и для чего он предназначен?
7. Какое геодезическое оборудование используется для ликвидации торфяных пожаров и в каких случаях?
8. Для каких целей используются буры-пробоотборники?
9. Изложите технологический процесс отбора проб в торфяной залежи.
10. Что такое влагомер и для чего он применяется?

## **4. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ**

### **4.1. Проблема загрязнения территории лесного фонда радионуклидами**

Существенную проблему на современном этапе развития человечества представляют территории, загрязненные радионуклидами. В результате радиационных аварий на предприятиях ядерного цикла и испытаний ядерного оружия только на европейской части стран бывшего СССР общая площадь загрязненных радионуклидами территорий достигает 140 тыс. км<sup>2</sup> (Азаров, Однолько, 1996). Только в результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подвергались Гомельская, Могилевская, Киевская и Брянская области, входящие в настоящее время в состав трех государств – Беларуси, Украины и России.

Важная роль в стабилизации, поглощении, перераспределении и самоочищении экосистем от радионуклидов принадлежит лесам. Именно они после аварии на Чернобыльской атомной электростанции задержали до 80 % радионуклидов (Богинский и др., 1996), существенно сократив общую площадь заражения. По данным ряда авторов (Мурахтанов, 1995), только в результате этой аварии произошло загрязнение радионуклидами более 3,5 млн га лесов. Аналогичная ситуация наблюдалась и на Урале при аварии на производственном

объединении «Маяк» в 1957 г. Именно лесные и болотные экосистемы, прочно удерживая радионуклиды, предотвращают вынос последних за пределы загрязненных территорий, выполняя функции защиты окружающих территорий от вторичного радиоактивного загрязнения.

В то же время миграция радионуклидов в лесных и болотных экосистемах существенно различается. Так, в первые годы после аварии основная масса радионуклидов находилась в лесной подстилке, на травостое и в верхних слоях торфа. Затем в хвойных насаждениях, где разложение органических остатков протекает медленно, радионуклиды оставались в лесной подстилке, а в лиственных насаждениях мигрировали в верхние минеральные слои почвы.

Постепенно в лесных экосистемах радионуклиды перераспределяются, а в болотных – консервируются в торфе. При возникновении пожара органическая масса сгорает и радионуклиды концентрируются в золе, а также поступают в атмосферу вместе с твердыми частицами дымовых аэрозолей.

Концентрация цезия – 137 при пожаре происходит пропорционально соотношению массы воздушно-сухих лесных горючих материалов и продуктов их сгорания. Удельное содержание радиоцезия в золе увеличивается по сравнению с воздушно-сухой массой в 10–90 раз, в недожоге в 4–6 раз, в зависимости от зольности различных видов лесных горючих материалов.

В целом можно констатировать, что лесные пожары на территориях, загрязненных радионуклидами, могут стать причиной радиационного загрязнения прилегающих территорий. Продукты сгорания лесных горючих материалов (зола, недожог, дымовые аэрозоли) при этом являются открытыми источниками ионизирующего излучения и часто по уровню загрязнения представляют собой радиоактивные отходы.

Указанное свидетельствует, что в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г. (так называемая «зона Чернобыльского следа»), в районах, пострадавших от последствий Кыштымской радиационной аварии на ПО «Маяк» 1957 г. (так называемая «зона Восточно-Уральского радиационного следа»), а также в местах, где происходили менее крупные радиационные аварии и утечки, испытания ядерного или «грязного» оружия, лесные



и особенно лесные торфяные пожары необходимо тушить, учитывая степень возможного радиоактивного загрязнения.

В большинстве случаев с момента радиоактивного загрязнения прошло достаточно много времени, и основное количество радионуклидов находятся не на поверхности почвы, а в составе лесной подстилки, в составе торфяной почвы, в древесине взрослых деревьев, в грибах и ягодах. На болотах из-за их фильтрующей функции очень много таких веществ удерживается в торфе, «консервируется» в составе неразложившихся болотных растений в составе торфа. При почвенных (лесных торфяных) пожарах все эти накопленные вещества могут в составе золы и пепла оказываться на поверхности почвы и даже в составе дыма и пыли, переносимой на какие-то расстояния, создавать вторичное распространение радионуклидов по территории.

Жители и участники тушения наиболее негативное воздействие радиоактивных веществ могут получить при вдыхании дыма, в котором присутствуют радиоактивные частицы в составе аэрозолей, пыли, сорбируют на частицах сажи. Также риск получения «внутреннего источника излучения» или так называемой «горячей частицы» возникает при употреблении продуктов питания и воды в зоне вторичного загрязнения территории во время пожара.

Необходимость оперативной ликвидации торфяных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами, объясняется рядом специфических особенностей данных пожаров, отличающих их от низовых и верховых. Прежде всего, это объем сгораемой органической массы. Если слой напочвенных горючих материалов, сгораемых при низовых пожарах, составляет несколько сантиметров, то сгораемый слой торфа может составлять более метра.

При сгорании органической массы образуется зола, масса которой при низовых лесных пожарах составляет 2–7 т, а при торфяных – этот показатель увеличивается в 100–200 раз. Известно, что опасность вторичного загрязнения объясняется тем, что радионуклиды концентрируются в золе, недожоге, дымовых аэрозолях. Поскольку доминирует беспламенное горение (тление), опасность формирования вышеуказанных объектов, концентрирующих радионуклиды, резко возрастает. Кроме того, не следует забывать, что основными объектами торфяных пожаров являются осушенные торфяники, расположенные

вблизи населенных пунктов. Следовательно, даже при низких дозах радиационного загрязнения возникает опасность для проживающего населения.

## **4.2. Специфика обследования и тушения торфяных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами**

Авторы С. И. Азаров и А. А. Однолько (1996) разделили на три категории факторы потенциальной пожарной опасности в лесах, на загрязненных радионуклидами территориях:

- 1) непосредственно влияющие на радиационную обстановку (миграция радионуклидов в воздухе при пожаре);
- 2) воздействующие на радиационную обстановку косвенно (вторичная дефляция радиоактивных продуктов сгорания путем ветровой эрозии и смыва);
- 3) не влияющие на радиационную обстановку (горение без выноса радионуклидов в окружающую среду).

Из-за риска вторичного загрязнения территории и опасности облучения людей в случае лесного пожара все леса, подвергшиеся радиоактивному загрязнению, по режиму охраны их от пожаров приравниваются к лесам I-го класса природной пожарной опасности. При этом на картах и схемах пожарные выделы раскрашиваются по действующей шкале.

Высокое содержание органического вещества и значительная пористость торфа обуславливают его способность к горению и тлению. Прекратить горение возможно в результате применения физических и химических способов тушения. В частности, использованием охлаждающих жидких и газообразных агентов, обеспечивающих снижение температуры тлеющего торфа ниже 40 °С.

Возможно также создание на поверхности торфа покрытия, изолирующего его от доступа воздуха, т. е. поступления кислорода к очагу тления. Кроме того, возможно применение химических способов тушения с применением веществ, способных к плавлению, испарению и разложению при нагревании с образованием продуктов, способных

разбавлять зону горения инертными газами и связывать активные частицы, ответственные за развитие процесса горения.

К сожалению, до настоящего времени основными средствами тушения торфяных пожаров являются вода и водные растворы поверхностно-активных веществ.

При торфяных пожарах, в том числе и на загрязненных радионуклидами территориях, всегда существует опасность развития низовых пожаров, кромки которых продвигаются значительно быстрее, чем у торфяных, создавая опасность образования многоочаговых торфяных пожаров. Указанное вызывает необходимость покрытия торфяной залежи, где обнаружено тление торфа, слоем компрессионной пены. Обладая липучестью, компрессионная пена образует покрытие на напочвенных горючих материалах и тем самым препятствует их воспламенению, а также исключает распространение искр (рис. 35).

Многолетний опыт охраны лесов от пожаров на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа и в районе Чернобыльской аварии позволил разработать рекомендации по выполнению работ по обнаружению, обследованию и ликвидации лесных пожаров (Руководство..., 1995; Руководство..., 1997).



Рис. 35. Живой напочвенный покров, обработанный компрессионной пеной

В соответствии с правилами тушения лесных пожаров, леса, загрязненные радионуклидами, разделяются по степени радиоактивного загрязнения на несколько зон по их удельной поверхностной активности (по тому, как много радиоактивных распадов происходит в каждую секунду (или может быть зафиксировано на поверхности земли) на определенной площади).

Единицами измерений удельной поверхностной активности является Кюри на километр квадратный, а также Беккерели (часто используются килобеккерели, мегабеккерели и т. д.) на метр квадратный. При этом 1 Ки равен  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Кюри на квадратный километр ( $\text{Ки}/\text{км}^2$ ) – внесистемная единица измерения, в которой измеряется удельная поверхностная активность радионуклида.

Активность вещества равна 1 Ки, если в нем каждую секунду происходит  $37\,000\,000\,000$  ( $3,7 \times 10^{10}$ ) радиоактивных распадов.

Плотность загрязнения считается отдельно по разным радиоактивным веществам, которые наиболее представлены в этой зоне загрязнения и при этом опасны для человека. Например, из радиоизотопов цезия наибольшее значение имеет  $^{137}\text{Cs}$ , характеризующийся большим выходом в реакциях деления и сроками жизни ( $T_{1/2} = 30,2$  года) и токсичностью. Он считается одним из наиболее значимых радионуклидов, возникающих в процессах ядерного деления.

Если по цезию-137 определена плотность загрязнения в 1 Ки на  $\text{км}^2$ , это означает, что на площади в 1 квадратный километр каждую секунду происходит  $37\,000\,000\,000$  распадов цезия. При распаде цезия-137 образуются электроны с энергиями до 1,17 МэВ и гамма-кванты, в основном с энергией 662 кэВ. Цезий-137 – бета-излучатель со средней энергией бета-частиц 170,8 кэВ. Его дочерний радионуклид  $^{137m}\text{Ba}$  имеет период полураспада 2,55 мин и испускает при распаде гамма-кванты с энергией 661,6 кэВ.

Другим опасным радионуклидом является, например, стронций-90. Соответственно, 1 Ки/км по стронцию-90 будет означать, что ежесекундно на площади в 1 квадратный километр происходит  $37\,000\,000\,000$  распадов атома стронция.

В соответствии с Правилами тушения лесных пожаров 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) тушение лесных пожаров проводится преимущественно теми же способами как на незагрязненных территориях, но с принятием дополнительных мер по защите работников, осуществляющих работы по тушению, от вредного воздействия пыли и продуктов горения лесных горючих материалов.

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 зоне с плотностью загрязнения почвы цезием-137 от 5 до 15 Ки/км (185–555 кБк/м) остановка и тушение лесных пожаров проводятся уже без выполнения работ на кромке пожара, только косвенными методами, путем создания заградительных и опорных химических полос при помощи наземных механизмов, а также с использованием вертолетов с водосливными устройствами и самолетов-танкеров. Дотушивание лесных пожаров в этой зоне проводится с использованием пожарных автоцистерн с установленными пожарными лафетными стволами, а также с использованием пожарных мотопомп.

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) 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. Остановка и тушение такого лесного пожара проводятся вертолетами с водосливными устройствами и самолетами-танкерами, а 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.

При этом, в соответствии с Правилами тушения лесных пожаров и с правилами по охране труда, на всех указанных радиационно загрязненных территориях при тушении лесного пожара работники обеспечиваются средствами индивидуальной защиты – респираторами, противогазами, средствами защиты органов зрения, рук, головы, закрытой резиновой обувью (спецобувью), спецодеждой и индивидуальными дозиметрами-накопителями (рис. 36, 37).



Рис. 36. Тушение радиоактивного торфяного пожара

На тушение лесных пожаров в загрязненных радионуклидами лесах направляются лица, прошедшие специальную подготовку и медицинское обследование.



Рис. 37. Одежда пожарных, занятых на разведке торфяного пожара в условиях радиоактивного загрязнения

Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты должно соответствовать нормам и требованиям санитарных правил СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 г. № 47 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 г., регистрационный № 14534) (далее – СанПиН 2.6.1.2523-09), СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)», утвержденным постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26 апреля 2010 г. № 40 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 11 августа 2010 г., регистрационный № 18115), с изменениями, внесенными постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 16 сентября 2013 г. № 43 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 5 ноября 2013 г., регистрационный № 30309) (рис. 38).



Рис. 38. Экипировка пожарных при обследовании торфяного пожара в зоне радиоактивного загрязнения

При высоких уровнях мощности эквивалентной дозы ионизирующего излучения время работы сокращается в соответствии с требованиями СанПиН 2.6.1.2523-09, устанавливающих пределы доз.

В целях обеспечения радиационной безопасности лиц, работающих на тушении лесных пожаров, проводится обеспечение персонала

достоверной и полной информацией о радиационной обстановке в лесах, в том числе на территории, где осуществляются работы по тушению пожаров.

Как правило, при работе на радиационно-загрязненных территориях, стараются выбрать безопасные (не радиоактивные) площадки для расположения штаба, места приема пищи, раздачи питьевой воды и т. п. На границе «грязной» и «чистой» зоны оборудуются места для дегазации (отмывания) техники, для отмывания обуви, смены одежды, утилизации загрязненных средств защиты (респираторов, защитных противопылевых комбинезонов). На границе «грязной» и «чистой» зоны располагают посты дозиметрического контроля, чтобы загрязненные предметы не покидали «грязную» зону.

Для того, чтобы точно определить границы зон с радиоактивным загрязнением, а также определить актуальные мощности дозы излучения (от которых зависит продолжительность возможной работы на конкретном участке), степень загрязнения, проверить одежду и оборудование при выходе в «чистую зону», выбрать оптимальные места расположения для штаба, для места дегазации и т.п., используют дозиметрические приборы. А для определения индивидуальных накопленных доз радиации индивидуальные дозиметры-накопители на каждом работнике (рис. 39, 40).



Рис. 39. Использование дозиметра на торфяном пожаре для определения мощности гамма-излучения у поверхности почвы





Рис. 40. Замеры уровней мощности дозы гамма-излучения на крупных торфяных пожарах в радиационно-загрязненной местности

Применяемые приборы должны быть зарегистрированы в государственном реестре средств измерений и проходить в положенные сроки государственную поверку.

Из приборов, часто применяемых и показавших свою надежность и удобство в эксплуатации при тушении пожаров на радиационно-загрязненных торфяниках, можно назвать прибор для постов дозиметрического контроля и в качестве прибора, который берется на группу пожарных, дозиметр российского производства МКС-01СА1М (рис. 41), а в качестве индивидуального прибора, например, дозиметр-радиометр персональный МКС-02СА1 (рис. 42).

Дозиметр-радиометр персональный МКС-02СА1 предназначен для измерения амбиентного эквивалента дозы (далее – дозы), мощности амбиентного эквивалента дозы (далее – мощности дозы), гамма-(рентгеновского) излучения, плотности потока бета-частиц, а также для индикации плотности потока альфа-частиц и потока ионизирующих частиц. При выпуске прибор градуируется в единицах амбиентного эквивалента дозы по излучению  $^{137}\text{Cs}$ .

Прибор может быть использован в качестве: индивидуального прямопоказывающего измерителя дозы, мощности дозы гамма (рентгеновского) излучения и плотности потока бета-излучения; поискового измерителя мощности дозы гамма- и рентгеновского излучений для оперативной оценки радиационной обстановки.



Рис. 41. Дозиметр МКС-01СА1М



Рис. 42. Дозиметр МКС-02СА1

Программное обеспечение прибора позволяет осуществлять измерение радиационного фона по специальному алгоритму; установку и изменение порогов звуковой сигнализации по дозе, мощности дозы, плотности потока бета-частиц и потока ионизирующих частиц; установку интервалов записей в журнал (во внутреннюю память прибора для последующего считывания истории измерений персональным компьютером – запоминание накопленной дозы и времени экспонирования в энергонезависимой памяти (при выключении питания или при замене элемента питания) на срок более 5 лет; автоматическую запись измерений в журнал прибора. Емкость журнала составляет 2 000 записей (просмотр записей осуществляется с использованием персонального компьютера); индикацию и речевое сообщение о разряде элементов питания.

Прибор имеет два органа управления – кнопку включения/выключения питания «POWER» и кнопку «MODE» для выбора и установки режимов работы прибора. Информация выводится на графический жидкокристаллический дисплей. В приборе применен непрерывный режим измерения и представление на дисплее усредненного значения измеряемой величины с ежесекундной сменой показаний, что удобно

при оперативном контроле. В неизменном (стационарном) поле ионизирующего излучения показания прибора с течением времени непрерывно усредняются и уточняются. Одновременно с этим уменьшается значение статистической погрешности от  $\pm 99\%$  до  $\pm 1\%$ . В режиме измерения мощности дозы звуковая сигнализация прибора автоматически включается для предупреждения оператора об опасности переоблучения, при работе с радиоактивной продукцией или в зоне радиоактивного загрязнения.

Настройки прибора обеспечивают: вывод речевых сообщений о включении и выключении прибора; вывод речевых сообщений о превышении пределов измерения мощности дозы; вывод речевых сообщений о превышении пределов измерения плотности потока бета- или альфа-частиц; включение/выключение звуковых сигналов («щелчков»), соответствующих каждому акту регистрации счетчиком гамма-квантов; включение звуковых сигналов о превышении установленных порогов измерения мощности дозы, плотности потока бета- или альфа-частиц; установку временных интервалов записи результатов измерений в журнал (1 мин, 5 мин, 30 мин или выключено);

Метод измерения.

В приборе в качестве детектора излучения применен торцевой газоразрядный счетчик «БЕТА-1» с тонким входным окном. Поток фотонов преобразуется детектором в последовательность электрических сигналов. Эти сигналы формируются по длительности и амплитуде, а затем обрабатываются микропроцессором, который обеспечивает представление результатов измерений на дисплее прибора. На дисплее показания меняются автоматически с усреднением микропроцессором результатов измерений. При этом каждый следующий результат обрабатывается микропроцессором и на дисплее отображается текущее значение результата измерения, и статистическая погрешность измерения в данный момент времени.

Подготовка прибора к работе.

Подготовка прибора к работе со сменными элементами питания:

- снимите крышку отсека питания;
- установите, соблюдая полярность, элементы питания;
- установите на свое место крышку отсека питания;

– закройте рабочую поверхность детектора, сдвинув поглощающий экран в верхнее положение.

Измерение дозы.

Закройте входное окно детектора, сдвинув экран в верхнее положение. Включите питание прибора (однократно нажмите и отпустите кнопку «POWER»). Прибор измеряет интегральную дозу излучения с момента включения прибора в режимах «ГАММА» или «ДОЗА». Дисплей прибора в режиме «ДОЗА» показывает суммарное время измерения дозы в часах и минутах «ДОЗА ХХ ХХ» и значение накопленной дозы в цифровом формате четырех значащих цифр с плавающей запятой с указанием единицы измерения: «Х,ХХХ mSv». Прибор сохраняет значение накопленной дозы и времени экспонирования при его выключении (или при отсутствии элемента питания) в энергонезависимой памяти более 5 лет. Пересчет измеренного значения амбиентной дозы в эффективную или экспозиционную дозы осуществляйте с использованием переходных коэффициентов, представленных в таблицах, прилагаемых к инструкции по эксплуатации прибора.

Измерение плотности потока бета-частиц от поверхностей.

Измеряют плотность потока бета-частиц от исследуемой поверхности прибором в следующем порядке: откройте рабочую поверхность детектора, сдвинув поглощающий экран в нижнее положение; включите прибор и кнопкой «MODE» установите режим «БЕТА»; поместите детектор прибора непосредственно над исследуемой поверхностью на расстоянии (3,0–5,0) мм. При достижении статистической погрешности менее 20 % зафиксируйте среднее показание дисплея  $N\beta + \phi$ , в минутах в минус первой степени на сантиметр в минус второй степени; закройте рабочую поверхность детектора, сдвинув поглощающий экран в верхнее положение. Поместите детектор прибора непосредственно над исследуемой поверхностью на расстоянии (3,0–5,0) мм; – при достижении статистической погрешности менее 20 %, зафиксируйте среднее фоновое показание дисплея  $N\phi$ , в минутах в минус первой степени на сантиметр в минус второй степени; вычислите плотность потока бета-частиц  $\Phi\beta$ , мин  $-1 \cdot \text{см}^{-2}$ , по формуле

$$\Phi\beta = N\beta + \phi - N\phi.$$

## Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит проблема тушения лесных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами?
2. Объясните роль лесных пожаров при вторичном загрязнении радионуклидами.
3. В чем состоит опасность золы и неполного сгорания лесных горючих материалов на территориях, загрязненных радионуклидами.
4. В каких единицах измеряется загрязненность территории радионуклидами?
5. Изложите специфику тушения лесных пожаров в различных зонах радиоактивного загрязнения.
6. В чем заключается специфика тушения торфяных пожаров на загрязненных радионуклидами и чистых территориях?
7. Какие приборы используются для установления степени радиоактивного загрязнения.
8. Опишите «дорожную карту» подготовки к работе дозиметров.
9. Почему тушение торфяных пожаров на загрязненных радионуклидам территориях должно осуществляться в кратчайшие сроки?
10. Почему дымовые аэрозоли торфяных пожаров на территориях, загрязненных радионуклидами, опаснее таковых от низовых и верхних лесных пожаров?

## **5. СХЕМЫ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

Для того, чтобы все проведенные обследования лесного торфяного пожара были использованы при организации работ по тушению, они должны быть отражены в общепринятом и понятном виде для специалистов тушения и для руководителя тушения лесного пожара.

Основным способом отображения всей собранной информации о пожаре и способом простого донесения до всех участников тушения замысла (плана) тушения лесного пожара является схема тушения лесного пожара. Наличие схемы тушения и правила ее составления предусмотрены Правилами тушения лесных пожаров, утвержденными Приказом Министерства природных ресурсов и экологии России от 1 апреля 2022 г. № 244.

В соответствии с Правилами тушения лесных пожаров при тушении крупных лесных пожаров, в том числе, крупных лесных торфяных пожаров, с целью обеспечения руководства и взаимодействия руководитель тушения составляет схему тушения лесного пожара (далее схему тушения), на которой отображаются основные элементы принятого им плана выполнения работ.

Поскольку в целях установления режима и способов тушения лесных пожаров территории, на которых расположены леса, разделяются на районы применения авиационных сил и средств пожаротушения и наземных сил и средств пожаротушения, критерии крупных пожаров отличаются для этих районов.

Крупными считаются пожары, при которых площадь, пройденная огнем, составила 25 га и более в районе применения наземных сил

и средств, 200 га и более в районе применения авиационных сил и средств.

При тушении крупных лесных торфяных пожаров, для которых планируемый период тушения составляет менее 3 суток, схема тушения может составляться единожды на весь планиваемый период тушения пожара.

При необходимости в схему тушения в связи с изменившейся обстановкой могут вноситься коррективы. Новая схема тушения составляется в случае необходимости внесения существенных изменений в план выполнения работ по тушению пожара.

При тушении крупных лесных торфяных пожаров, для которых фактический или планиваемый период тушения занимает более трех суток, схема тушения составляется ежедневно.

Схема тушения лесного торфяного пожара составляется до девяти часов утра текущего дня с предоставлением копий схем тушения руководителям подразделений лесопожарных формирований, участвующих

в тушении пожара. Копия схемы тушения по запросу предоставляется в оперативный штаб и (или) комиссию по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности.

В случаях, когда в ходе тушения лесного пожара требуется внести значительные коррективы в план выполнения работ по тушению лесного пожара, новые Схемы тушения составляются в любой момент времени в течение всего периода тушения пожара.

Схема тушения лесного торфяного пожара составляется в произвольном масштабе с использованием топографической или лесопожарной карты, при необходимости может быть нанесена на планшет с планом лесонасаждений. Схема тушения составляется с обязательным указанием даты и времени составления, фамилией и подписью лица, ее составившего.

Схема тушения состоит из графической и текстовой частей, отображающих замысел руководителя тушения лесного пожара, цели и задач подчиненным подразделениям и специалистам, общего плана выполнения работ по тушению пожара.

Графическая часть схемы тушения лесного торфяного пожара содержит:

а) топографическую основу, отображающую основные необходимые элементы топографии. В случае торфяных пожаров особенно важно бывает отразить на схеме отметки высот, а также направления течения в осушительных каналах;

б) контур лесного торфяного пожара по состоянию на момент составления схемы тушения, направление распространения отдельных элементов или всей кромки пожара, его площадь. Для торфяных пожаров помимо общего контура пожара по границам территории, пройденной огнем, указывают границы очагов тления и групп очагов, отображая их заштрихованными красной линией областями на схеме. Кроме границ очагов тления целесообразно указывать на схеме глубину этих очагов и другие их особенности, например, наличие завалов из упавших деревьев;

в) привязку к местности (при наличии – с указанием квартальной сети). Для торфяных пожаров на бывших торфоразработках также полезно нанести названия (номера) основных каналов и местные топонимы, чтобы точнее ориентироваться на местности.

г) критические направления и факторы, влияющие на процессы принятия решений и условия проведения действий по тушению пожара;

д) наличие естественных (реки, ручьи, озера, водоемы) или искусственных (дороги, тропы, минерализованные полосы, противопожарные барьеры) преград и опорных линий. Для торфяных пожаров особенно важной информацией являются данные о сохранившихся каналах осушительной сети, их наполненности водой, глубине, течении, а также данные о сохранившихся гидротехнических сооружениях, о дорогах, насыпях бывших узкоколейных железных дорог, их состоянии;

е) расположение подразделений лесопожарных формирований, с указанием секторов и участков лесного пожара (при необходимости указывается детальная расстановка сил и отдельных средств пожаротушения). В случае создания временных плотин и других удерживающих воду сооружений, на схеме указываются места, где проведены такие работы, планируемые или фактически получившиеся зоны подтопления. При прокладке сложных насосно-рукавных линий их также целесообразно детально отображать на схеме тушения.

ж) основные задачи подразделений лесопожарных формирований, включая указание основного (оптимального) направления тушения пожара.



Отображение тактической обстановки на схеме тушения осуществляется с использованием унифицированных символов, представленных в Приложении к Правилам тушения лесных пожаров.

Текстовая часть схемы тушения содержит:

- а) информацию о построении управления силами пожаротушения на пожаре;
- б) информацию для обеспечения взаимодействия и связи между подразделениями лесопожарных формирований на пожаре;
- в) дополнительную информацию, необходимую для обеспечения эффективности тушения пожара.

В случае необходимости руководитель тушения лесного пожара отображает на схеме тушения иную дополнительную графическую и (или) текстовую информацию.

При получении схемы тушения руководители подразделений лесопожарных формирований обязаны сопоставить данную схему тушения со своим имеющимся картографическим материалом.

Для наиболее пожароопасных осушенных торфяных болот при подготовке к предстоящим пожарам многие обследования и измерения могут быть проведены заранее, эта информация может быть отражена в карточках тушения или планах тушения пожаров для конкретных пожароопасных объектов (болот). В таком случае при составлении схемы тушения значительная часть информации может быть взята из соответствующих карточек или планов (рис. 43).

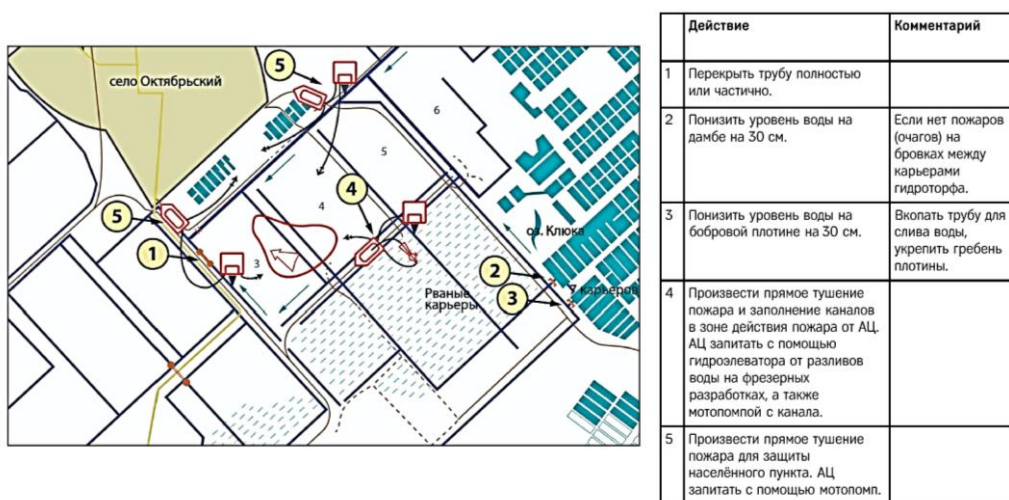


Рис. 43. Пример фрагмента плана тушения для пожароопасного болота, на котором возможные мероприятия по тушению заранее продуманы и обеспечены соответствующими измерениями на местности

В случае проведения предварительных (не во время действующего пожара) измерений рельефа, особенностей геологического строения болота, его гидрографии, особенностей залегания торфа, распределения ЛГМ по поверхности осушенного болота, кроме карточек и планов тушения могут создаваться даже объемные макеты наиболее пожароопасных частей болота для проведения учений и тренировок с пожарной охраной и лесной охраной. Такие занятия с проведением тактических игр, с расчетами насосно-рукавных линий, составлением схем тушения условных пожаров помогают значительно повысить результативность тушения в будущем (рис. 44).

Объемный макет выполняется по итогам геологических изысканий, геодезических измерений актуальной поверхности болота при помощи GNSS оборудования, данные о растительности и о следах пожаров прошлых лет нанесены по материалам съемки с БВС.



Рис. 44. Проведение занятия с объемным макетом пожароопасного болота

Макет оснащен лазерным нивелиром для отработки принятых решений с учетом измерений рельефа. Использование макета облегчает понимание поставленных задач и повышает эффективность тушения.

## Вопросы для самоконтроля

1. Для каких целей производится обследование торфяных пожаров?
2. Как часто и кем составляется схема тушения лесного пожара?
3. Какую информацию включает графическая часть схемы тушения торфяных пожаров?
4. Какую информацию содержит текстовая часть схемы тушения лесного пожара?
5. Кому предоставляется схема тушения лесного пожара?
6. Для каких целей используется макет пожароопасной части болота?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Азаров С. И., Однолько А. А. Оценка пожарной опасности территорий, загрязненных радионуклидами // Лесное хозяйство. 1996. № 3. С. 15–16.

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

Залесов С. В. Лесная пирология : учебник. 4-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2021. 396 с.

Залесов С. В., Миронов М. П. Обнаружение и тушение лесных пожаров : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2004. 138 с.

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

Мурахтанов Е. С. Особенности лесного хозяйства и лесоустройства на радиоактивно загрязненных территориях // Сборник лекционных материалов по проблемам радиационной экологии. Брянск, 1995. С. 88–118.

Правила тушения лесных пожаров : Утв. Приказом Минприроды России от 1.04.2022 г. № 244.

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».

Профилактические противопожарные мероприятия и радиологический мониторинг в лесах Брянской области / Н. И. Богинский [и др.] // Лесное хозяйство. 1996. № 6. С. 23–24.

Руководство по ведению лесного хозяйства на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (за период 1997–2000 гг.). М. : Рослесхоз, 1997. 65 с.

Руководство по противопожарному устройству лесов, загрязненных радионуклидами. М. : Рослесхоз, 1995. 34 с.

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

Учебное издание

*Залесов Сергей Вениаминович*

*Куксин Григорий Валерьевич*

*Секерин Илья Михайлович*

**ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ  
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЯ  
ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

ISBN 978-5-94984-920-0



Редактор Р. В. Сайгина  
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано в печать 10.10.2024. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Цифровая печать.

Уч.-изд. л. 4,74. Усл.-печ. л. 5,58.

Тираж 300 экз. (1-й завод 26 экз.).

Заказ № 7959

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Редакционно-издательский отдел.

Тел. 8 (343) 221–21–44.

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ».

620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.

Тел. 8 (343) 362–91–16.