



Воздушная разведка торфяных
пожаров при помощи
беспилотного летательного
аппарата

2020 г.

Один из наиболее эффективных методов, применяемых для разведки на торфяном пожаре — это воздушная разведка.

Такая разведка может быть выполнена с борта пилотируемого воздушного судна, либо с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). В данной инструкции рассмотрены основные принципы работы беспилотника на торфяном пожаре.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| 1. ЦЕЛИ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ НА ТОРФЯНОМ ПОЖАРЕ | 3 |
| 2. НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ | 5 |
| 3. ПОДГОТОВКА К РАЗВЕДКЕ | 6 |
| 4. ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ | 8 |
| 5. ТАКТИКА ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ | 15 |
| 6. ОБРАБОТКА ДАННЫХ РАЗВЕДКИ | 18 |
| 7. АЛГОРИТМ РАЗВЕДКИ | 19 |

ВОЗДУШНАЯ РАЗВЕДКА ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Важно!

Если вы или ваша группа стали владельцами беспилотника, вам необходимо изучить нормативные документы и соблюдать правила, по которым аппараты разрешено применять в России. В частности, Постановления Правительства РФ № 138

(Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 11.03.2010. — Собрание законодательства Российской Федерации, № 14, ст. 1649.).

Актуальную информацию о правилах регистрации беспилотников, согласования полётов и использования фото- и видеоматериалов ищите по ссылке: dlpinfo.org.

Сочетание коптерной (беспилотной) и пешей разведки, как правило, даёт наилучшее понимание ситуации на пожаре и максимум обнаруженных очагов тления торфа. Коптерную разведку по возможности стоит для контроля результата дополнять пешей и наоборот.

1. ЦЕЛИ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ НА ТОРФЯНОМ ПОЖАРЕ

Во время разведки наши главные цели — изучить обстановку и понять общую ситуацию на пожаре; найти дымы, очаги и воду.

Дымы могут указать на сами очаги тления торфа, горение торфа площадью, открытое горение на кромке очага, либо на травяной пал, который может угрожать торфянику прямо сейчас. Поэтому первым делом осматриваем горизонт, оцениваем обстановку (рис. 1, 2).



Рис. 1. Дым от травяного пала, угрожающего торфянику



Рис. 2. Дымы от большой группы очагов

Очаги (рис. 3) нужно найти и нанести на карту. Результат хорошей разведки — это карта с координатами очагов. Также полезно оценить и нанести на карту контур всей выгоревшей территории.

Вода. Смотрим, где есть вода для тушения очагов, фотографируем сеть канав. Лучше сделать панорамный обзор осушительной сети с высокой точки — эта информация пригодится позже, если будет рассматриваться возможность удержания воды для тушения (рис. 4).



Рис. 3. Торфяной очаг



Рис. 4. Система каналов на осушенном торфянике. По отблеску и тёмному цвету видно, в каких каналах есть вода, а в каких нет

2. НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Для разведки применяются беспилотные аппараты разных типов и моделей. Данная методика создана на основе использования беспилотников вертолётного типа с оптическими камерами серий DJI Phantom и DJI Mavic и коптера DJI Mavic 2 Enterprise Dual с оптической и тепловизионной камерами. Особенности использования других беспилотных аппаратов могут отличаться.

Коптеры разных моделей могут быть оснащены обычной (оптической), тепловизионной или сразу двумя видами видеокамер. Последние показывают лучший результат (рис. 5, 5а).

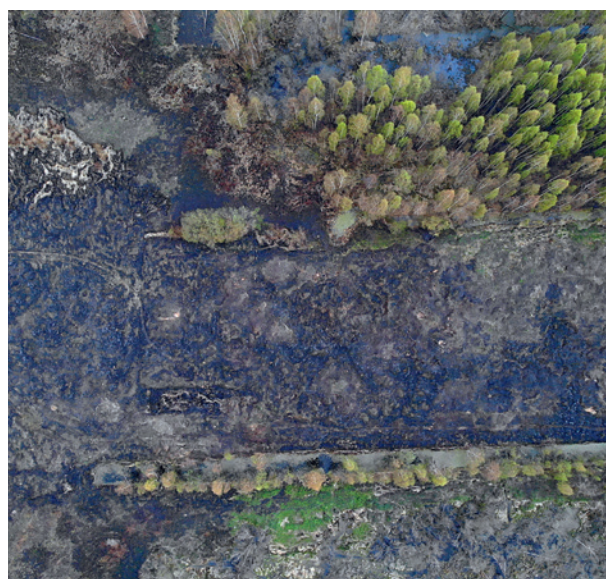
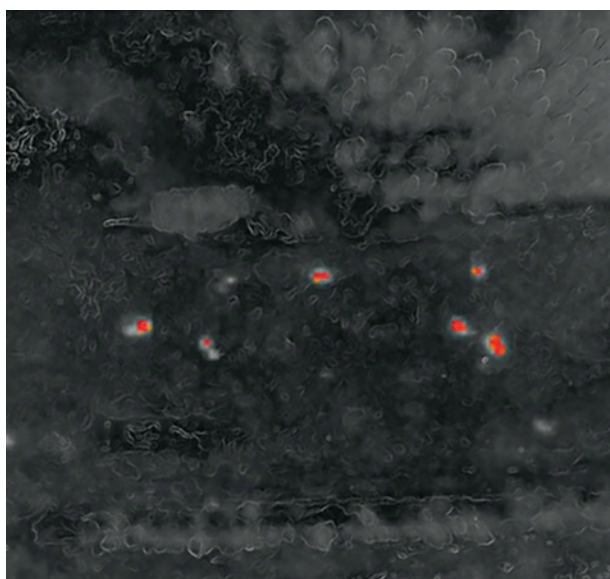


Рис. 5, 5а. Торфяные очаги, снятые в тепловизионном и визуальном режимах

3. ПОДГОТОВКА К РАЗВЕДКЕ

Сбор информации

При авиаразведке, как и при пешей разведке, необходимо иметь с собой ноутбук со снимками и картографическими материалами или бумажную карту.

Часто с помощью актуальных космоснимков с сайта apps.sentinel-hub.com/eo-browser можно определить, на каких участках горела трава и мог «зацепиться» торф. Если есть хороший недавний снимок, на котором отчётливо видны гари, можно заранее спланировать, в каком порядке осматривать участки, как до них добраться оператору беспилотника. Это поможет быстрее сориентироваться в поле и не пропустить крупных выгоревших участков (рис. 6).



Рис. 6. На космоснимке видны гари разной давности (в режиме SWIR гари выглядят рыжими и хорошо заметны). Сначала гарь тёмная, со временем светлеет и покрывается свежей травой

Любые данные дистанционного мониторинга нуждаются в проверке, т.к. фактическая площадь выгоревшего может быть больше, чем та, которую успел зарегистрировать спутник.

Если ваша группа уже работала на этом торфянике, ознакомьтесь с отчётами прошлых лет. Это поможет определить опасные участки со старыми очагами, которые с большой вероятностью могли вновь загореться, если по ним прошёл травяной пал.

Законность полётов

Убедитесь в законности использования воздушного пространства. В тех случаях, когда это требуется по действующим нормам, получите разрешение на полёт.

Погодные условия

Всегда проверяйте прогноз погоды до выезда. Погода сильно влияет на возможность и результативность коптерной разведки. Отслеживайте изменения погоды во время работы.

Неблагоприятные условия:

- **Осадки.** Квадрокоптер не используют во время осадков, даже небольших: это может привести к замыканию в электрических цепях дрона и поломке.
- **Ветер.** Крайне нежелательно использовать дрон во время сильного ветра. Ограничения для модели вы можете прочитать в инструкции производителя. Учитывайте, что на высоте ветер сильнее, чем внизу; устройство может унести порывом так далеко, что вы не сможете его вернуть против ветра. Время работы батарей и скорость дрона при полёте против ветра существенно сокращается, не улетайте далеко от пульта в ветреную погоду.
- **Холод.** Использование дрона при отрицательных температурах сокращает время работы батарей. Сочетание отрицательной температуры и высокой влажности, условия замерзающего тумана, чреватые обледенением лопастей в полёте и падением беспилотника.

Благоприятные условия:

- в визуальном режиме дым от очагов лучше всего видны утром или вечером, против света, когда солнце невысоко;
- в тепловом режиме очаги лучше всего видны в условиях сильной облачности, вечером или ранним утром, когда земля холодная и солнце невысоко.

В ясный солнечный день разведка с тепловизором неэффективна.

Подготовка беспилотного летательного аппарата

- Заранее загрузите в пульт квадрокоптера спутниковый снимок, отрисованные контуры гарей, либо координаты известных очагов (если едете проверять качество тушения).
- Убедитесь, что коптер исправен, заряжен и на карте памяти достаточно свободного места.
- Возьмите с собой запас батарей. Хорошо, если будет возможность подзарядки пульта управления и батарей от генератора, инвертора в машине или мощной внешней батареи.

Во избежание взрыва, прежде чем заряжать батарею, всегда давайте ей остыть 20–30 минут после полёта.

4. ОБНАРУЖЕНИЕ ОЧАГОВ

В визуальном режиме с помощью обычной видеокамеры можно увидеть и оценить:

- дымы (рис. 7);
- расположение крупных очагов;
- признаки действующего очага:
 - дым, свежая зола — цветные или светлые пятна;
 - следы горения на краях, изменение цвета растительности — пятна высохшей бурой растительности на фоне зелёной или наоборот ярко-зелёная молодая трава на фоне сухой (рис. 8);
- границы и площадь выгоревшего: свежая гарь чёрного цвета, со временем светлеет, более старые гари могут отличаться молодой ярко-зелёной травой либо побуревшими листьями на деревьях;
- наличие воды в каналах.

С помощью коптера с тепловизором можно:

- провести детальный осмотр (прочёс) местности и найти очаги, в т. ч. мелкие и без дыма, незаметные в визуальном режиме (рис. 9, 9a);
- определить, действует ли бездымный очаг;
- проконтролировать качество тушения очагов (рис. 10, 10a).

Если ваш коптер оснащён и оптической, и тепловизионной камерами, не забывайте переключаться между режимами, чтобы использовать преимущества обеих камер.

Часто коптером с тепловизором можно найти больше очагов, чем при пешей разведке, особенно если выгоревшая площадь большая и труднопроходимая. Однако лучший вариант — это, как мы уже говорили, сочетание пешей и коптерной разведки.



Рис. 7. Свежий очаг после травяного пала — отчётливо виден дым



Рис. 8. Если найденный в визуальном режиме очаг не дымит, стоит обратить внимание на участки, примыкающие к его краю. Если растительность на краях отличается по цвету, видны следы недавнего горения (чёрная поверхность) или свежая зола, то, скорее всего, очаг действующий и необходима дополнительная наземная или тепловизионная разведка

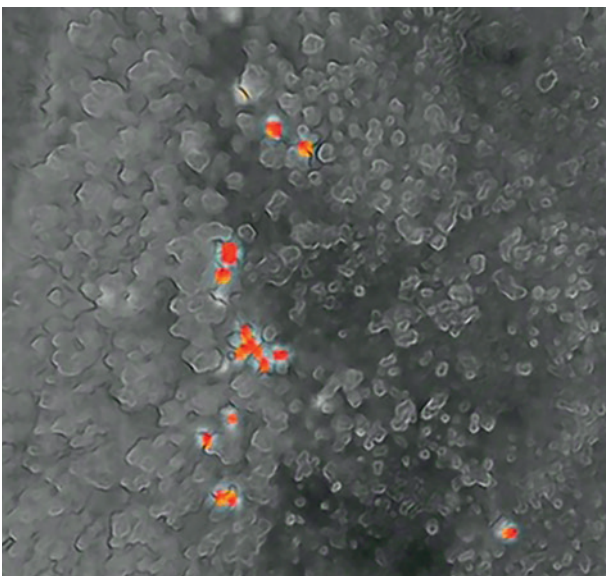


Рис. 9. Группа мелких очагов на труднопроходимом участке

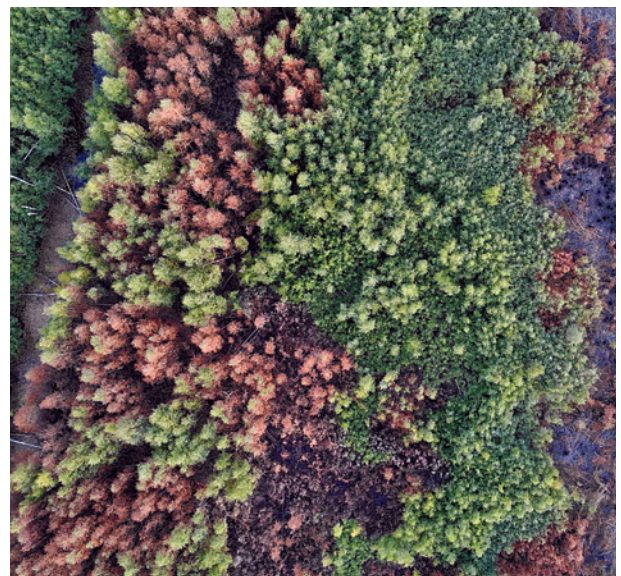


Рис. 9а. В визуальном режиме очаги не заметны

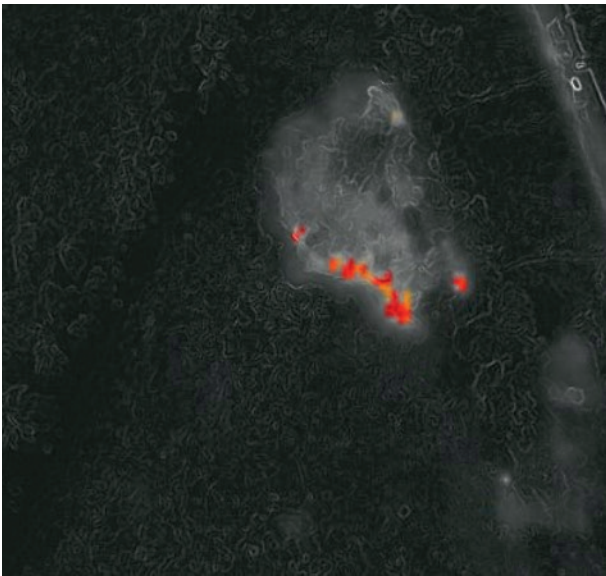


Рис. 10, 10а. Контроль качества тушения очага. На тепловизионном снимке видны горячие участки, которые необходимо дотушить

Настройка тепловизора

Тепловизор распознаёт инфракрасное излучение. С помощью тепловизора кроме очагов пожаров мы видим предметы и участки, нагретые солнцем, а также отражённое солнечное излучение.

Температура

Для тепловизионной коптерной разведки лучшие условия — это температурный контраст: земля холодная, а очаги горячие и хорошо различимы. Это возможно в условиях сильной облачности, либо вечером или рано утром, когда солнце стоит невысоко и ещё не успело нагреть поверхность земли.

В ясный день, когда солнце в зените и черные выгоревшие участки сильно нагрелись, а солнечное излучение отражается от земли практически в камеру тепловизора, разведка будет неэффективной.

При средней температуре поверхности земли по датчику выше 25 °С (это не фактическая температура земли, а то, что видит датчик с учётом рассеиваний и отражений) разведку вести менее эффективно, а ближе к 40 °С это практически бесполезно: есть риск пропустить мелкие и низкотемпературные очаги (это важно, если пал был недавно). В этом случае нужно ждать, когда солнце зайдёт за облако или опустится к горизонту, а земля немного остынет.

Чем ниже по датчику средняя температура поверхности земли, тем лучше видны очаги и тем результативнее разведка. Для каждой ситуации и разных моделей коптеров параметры могут отличаться.

Ночью тепловизором очаги видны за 100 м и более, но в визуальном режиме не видны их размеры и кромка выгоревшего, поэтому такая разведка неэффективна.

На точность измерения тепловизором влияет множество факторов: влажность воздуха, температура среды, конвекционные потоки, ветер. Поэтому тепловизор нужно настраивать каждый раз.

В разных моделях коптеров может различаться функционал, но основной принцип состоит в том, чтобы задать диапазон видимых температур так, чтобы только очаги были хорошо различимы на экране (рис. 11, 12).

Для настройки тепловизора стоит ориентироваться на среднюю температуру поверхности. **Всё, что теплее температуры земли на 7–10 °С, нуждается в дополнительной проверке.** Соответственно, диапазон видимых температур лучше задать таким, чтобы эта разница оставалась заметной.

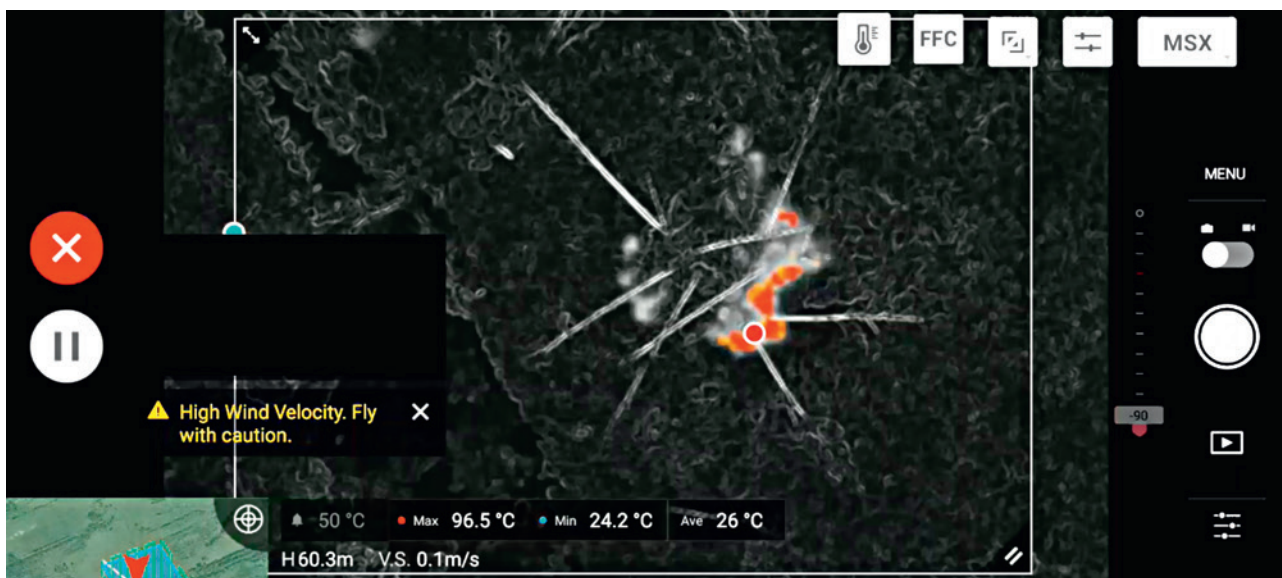


Рис. 11. Тепловизор настроен правильно, очаг хорошо выделяется. Видна характерная форма, более горячие участки красные, менее горячие — белые, но всё же отличимы от холодной чёрной земли. На видео такой очаг немного мерцает



Рис. 12. Тепловизор настроен плохо: кроме очага 104.2 °С (красная точка) видны пятна нагретой земли (большинство красных пятен)

Калибровку тепловизора можно скорректировать по первому найденному очагу: в этом случае легко подобрать нужные настройки датчика и оптимальную высоту полёта, на которой очаг хорошо различим.

Например, при температуре земли 15 °С найденную точку 25 °С нужно проверить дополнительно. Чтобы понять, является ли аномальная точка очагом, стоит рассмотреть её в визуальном режиме на предмет признаков очага. Также помогает опустить коптер максимально низко — так тепловизор точнее определит температуру (рис. 13, 13а).



Рис. 13, 13а. Иногда очаги находятся под холодной «крышкой» из торфа и не дают высокой температуры, их можно заметить только по небольшому отличию от средней температуры земли

Все подозрительные точки, в природе которых мы не уверены, проверяем пешей разведкой.

Высота

Чем ближе тепловизор к поверхности, тем надёжнее. Оптимальная высота для обнаружения очагов — 35–40 м, однако нужно учитывать особенности рельефа и высоту деревьев, чтобы не столкнуться с препятствием.

При хороших условиях (раннее утро, вечерние сумерки, облачная погода) высоту допустимо увеличить, но особо внимательно отслеживать точки с аномальной яркостью, опускаясь к ним, чтобы проверить.

При удалении коптера от пульта управления вы можете столкнуться с ухудшением связи на высоте 35–40 м и ниже. Это связано с экранированием сигнала деревьями или рельефом. Поэтому по возможности оператору лучше находиться на возвышенности и осматривать выгоревшее небольшими участками, меняя точку взлёта: отсмотрели 1 км — переехали на новую точку, отсмотрели ещё 1 км.

Положение камеры

Держите камеру ниже уровня горизонта. Если тепловизор находится в автоматическом режиме и вы направите тепловизионную камеру на горизонт, она «ослепнет» и вы не сможете разглядеть очаги. Если тепловизор настроен вручную, то горизонт вам не мешает, но уменьшит полезную площадь кадра.

Некоторые очаги под корнями деревьев или под «крышками» из торфа хорошо видны только с определённого угла. Поэтому лучше периодически менять угол наклона камеры во время прочёса — от 45° (камера под углом) до 90° (камера вниз). Внимательно рассматривайте подозрительные точки с разной высоты и ракурса (рис. 14, 14а, 14б, 14в).

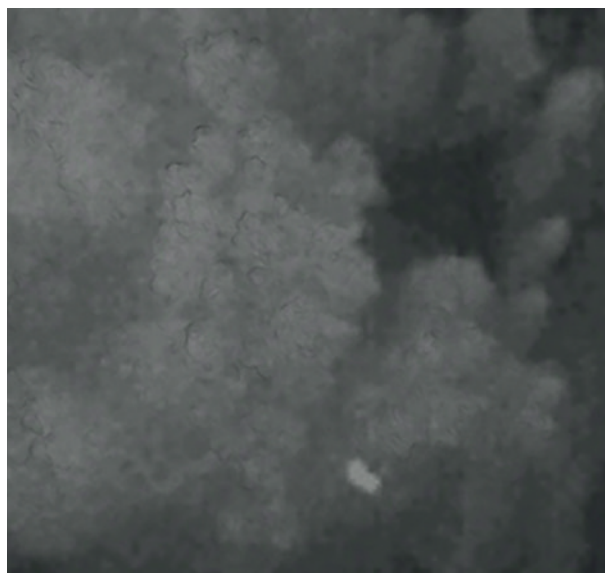
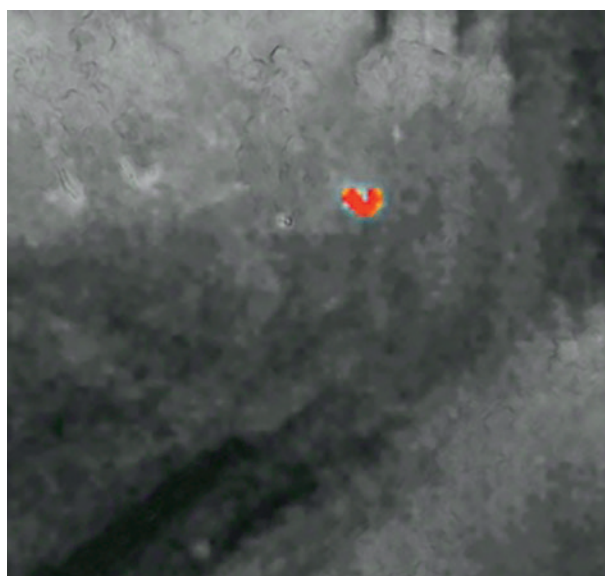


Рис. 14, 14а, 14б, 14в. Один и тот же очаг под корнями берёзы с разных ракурсов

Фиксация координат

Чтобы зафиксировать координаты найденного очага, нужно его сфотографировать. Каждому очагу должна соответствовать одна фотография, большие группы очагов допустимо обвести треком коптера — облететь.

Координаты выводятся на экране пульта управления. При необходимости их можно сразу передать пешей группе. Для снятия точных координат камера должна быть направлена точно вниз, очаг должен располагаться посередине кадра. Чем ниже при этом находится коптер, тем точнее координаты и тем проще их будет найти наземной группе (рис. 15).

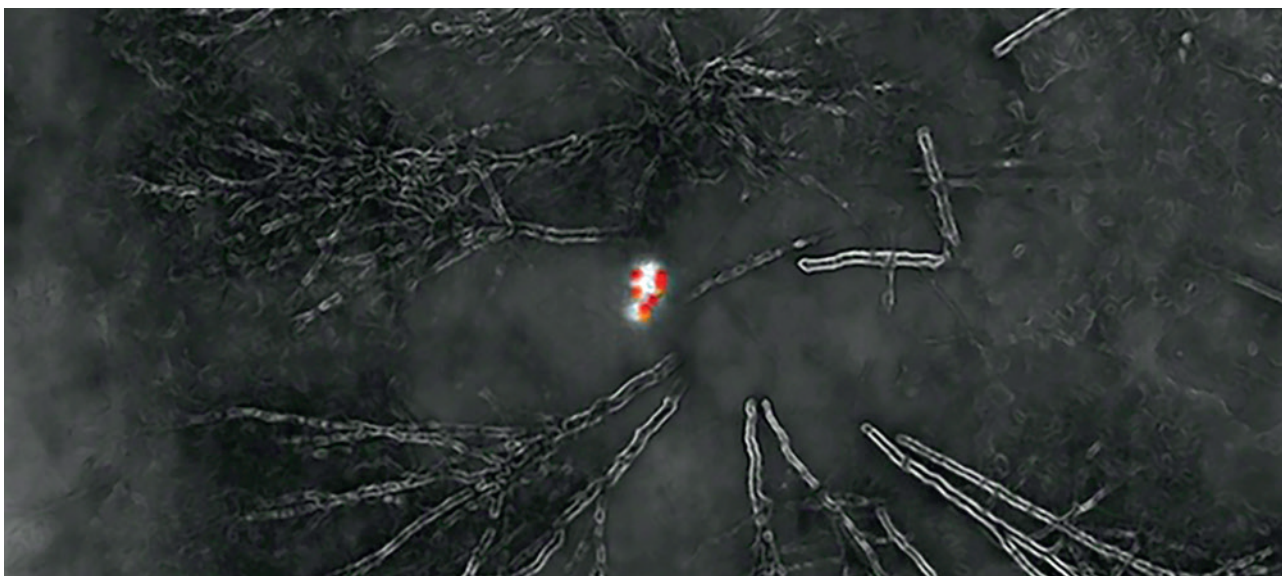


Рис. 15. Правильное положение коптера для определения координат очага

5. ТАКТИКА ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ

Первый полёт нужно всегда производить в визуальном режиме для того, чтобы оценить общую обстановку на пожаре.

Воздушная разведка по своему принципу похожа на пешую. Если достаточно ресурсов, лучше тщательно осмотреть (прочесать) всю площадь выгоревшего, пролетев над каждым участком. Если времени мало, а площадь выгоревшего велика — нужно оценить общую обстановку, внимательно осмотреть наиболее вероятные места возникновения очагов, а остальную площадь осмотреть менее детально.

Характерные места, где часто загорается торф:

- берега канав, отвалы (рис. 16, 16а);
- участки со старыми очагами (информацию о них можно найти при подготовке к выезду, посмотрев отчёты прошлых лет);
- возвышенности, штабеля торфа, которые подсохли сильнее, чем всё остальное вокруг;
- под корнями больших деревьев, на местах со старыми завалами (рис. 17, 17а).

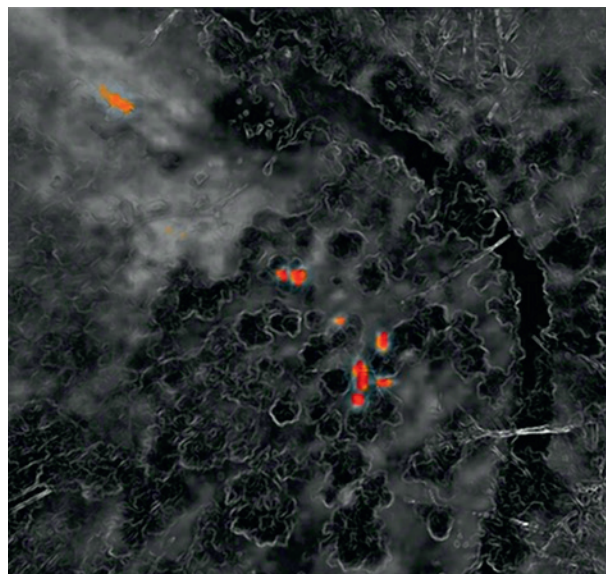


Рис. 16, 16а. Очаги вдоль канавы

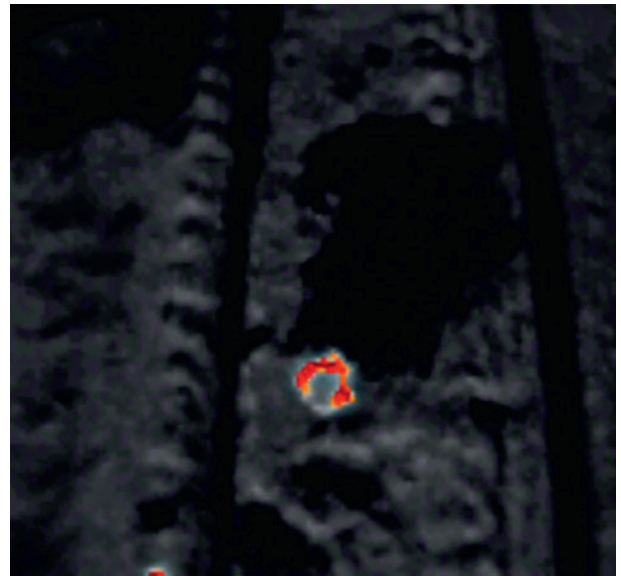


Рис. 17, 17а. Очаг под корнями берёзы

«Прочёс»

Для «прочёса» целесообразно разбить площадь на небольшие квадраты, используя канавы и дороги как границы, и осмотреть их последовательно. В зависимости от модели коптера и ситуации (ресурса времени и батарей, формы кромки, площади гари, неоднородности поверхности и т. д.) можно использовать автоматический или ручной режимы «прочёса» (рис. 18, 18а).



Рис. 18а. Ручной режим «прочёса»



Рис. 18. Автоматический режим «прочёса»

Удобно сначала пролететь над кромкой в визуальном режиме, обвести территорию по контуру, а потом прочесать внутреннюю площадь в поиске очагов. Чтобы понять, где мы уже пролетели, а где ещё нет, ориентируемся на трек коптера. Над опасными участками (см. Характерные места, где загорается торф) следует пролететь дополнительно (рис. 19, 19а).

Рис. 19. Карта-схема обследования пожара на торфянике

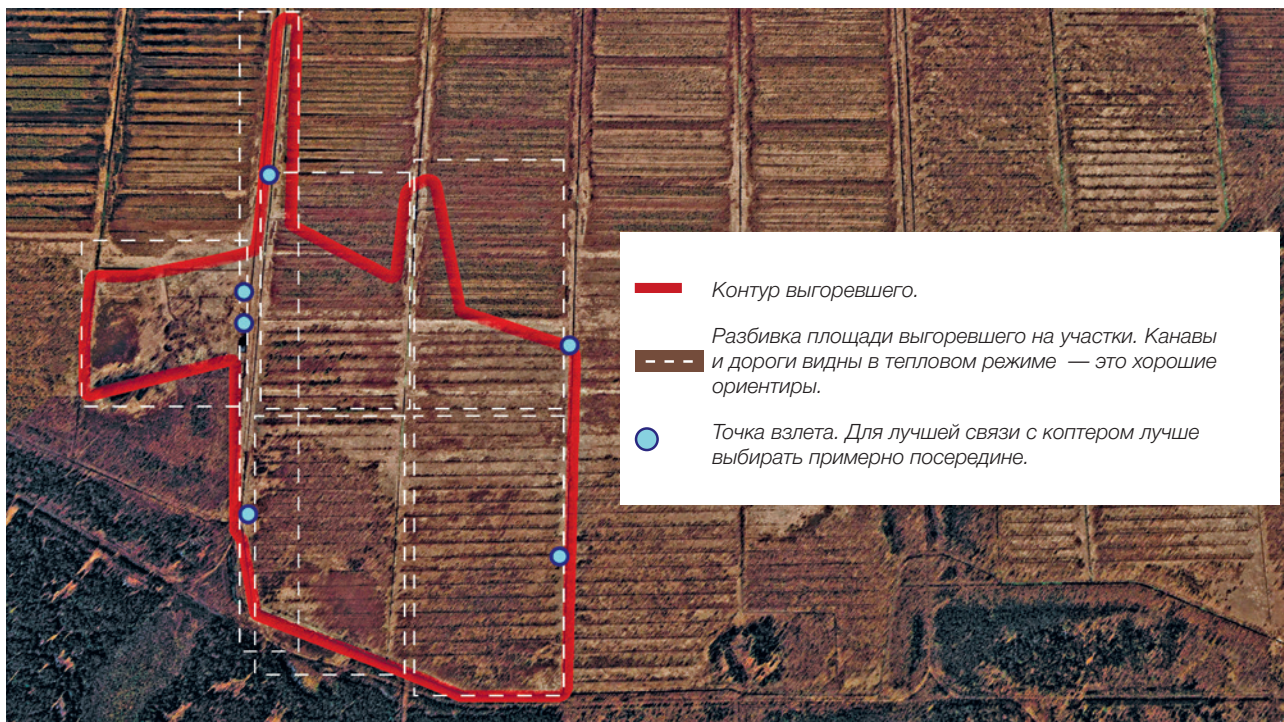
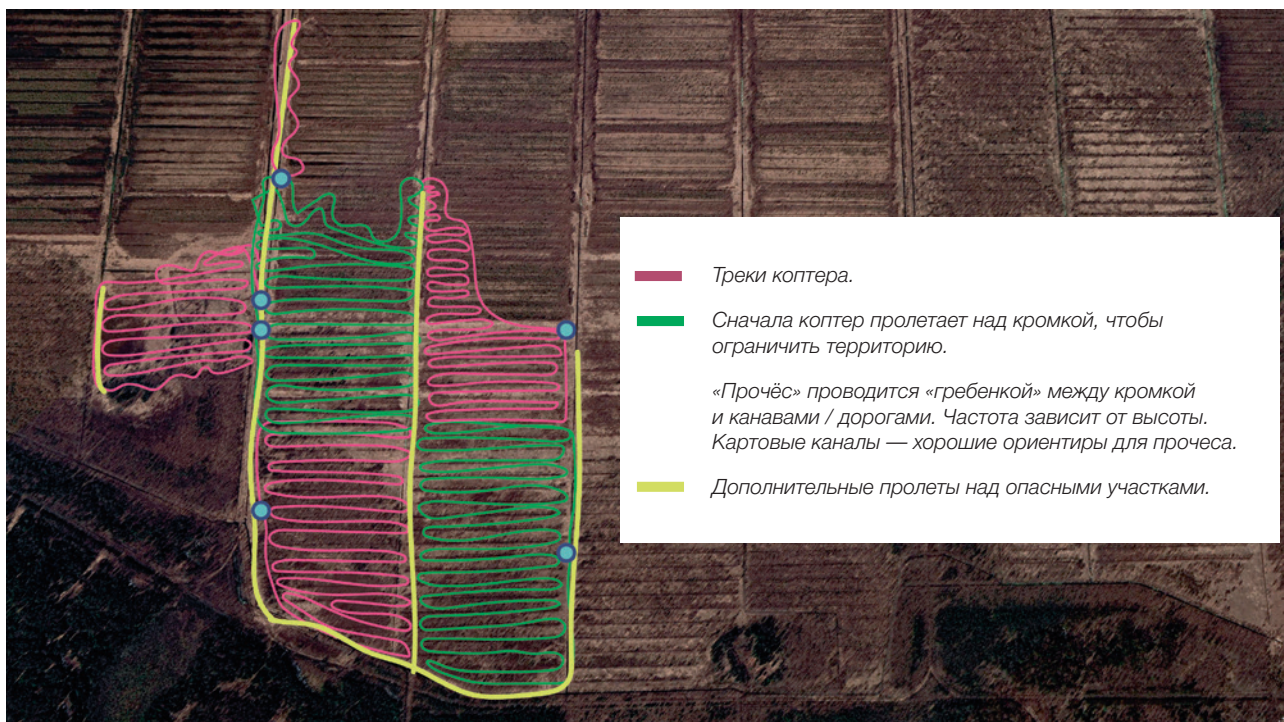


Рис. 19а. Карта-схема обследования пожара на торфянике



6. ОБРАБОТКА ДАННЫХ РАЗВЕДКИ

После полётов мы наносим очаги и треки беспилотника на карту (рис. 20). Это лучше сделать до того, как уехали с места, чтобы убедиться, что мы пролетели везде, где следовало.

Беспилотник записывает свой трек в виде лога — текстового файла, который нужно перевести в формат .kml. Это можно сделать с помощью сервиса airdata.com либо одной из специальных программ, написанных энтузиастами. Координаты фотографий записываются в свойства файлов.

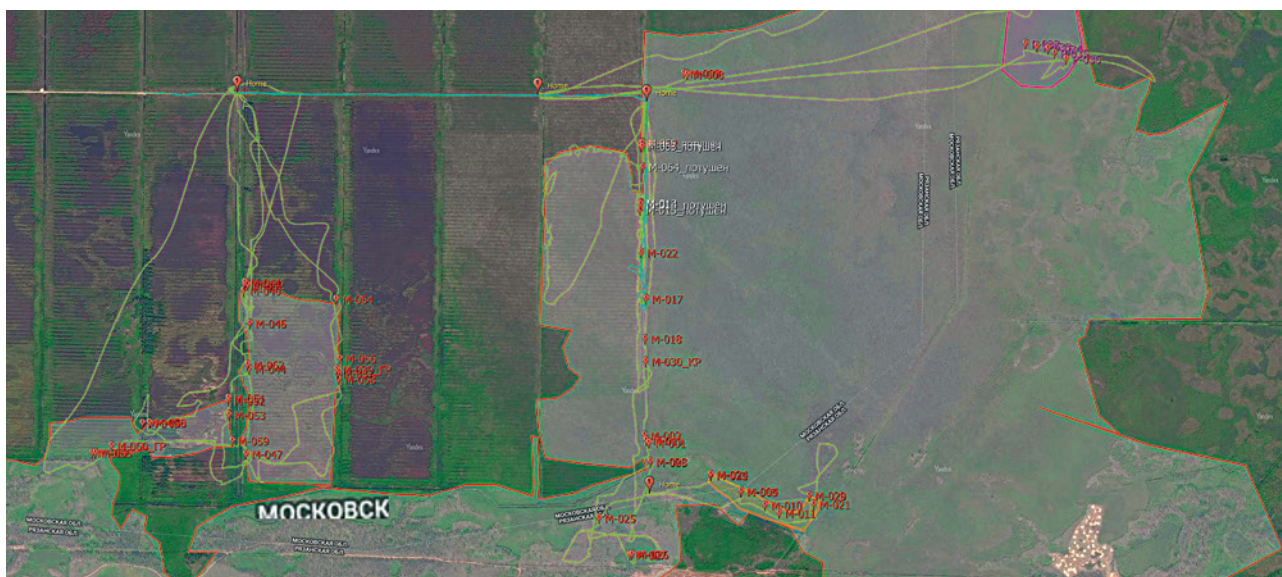


Рис. 20. Карта большого пожара с треками коптера и найденными очагами тления торфа. Контурами обведены области с большими группами очагов

7. АЛГОРИТМ РАЗВЕДКИ

До выезда:

1. Подготовить карты, составить предварительный план обследования территории.
2. Убедиться в законности использования воздушного пространства (зарегистрировать полёт по действующим правилам).
3. Удостовериться, что погодные условия подходят для полётов.
4. Подготовить летательный аппарат: зарядить аккумуляторы, загрузить карты местности в пульт, очистить флешки.

Во время выезда:

1. Первым полётом в визуальном режиме осмотреть местность, оценить обстановку: есть ли дымы, каковы площадь выгоревшего и состояние осушительной сети. При необходимости скорректировать план обследования с учётом новых данных. Определить, какие участки нужно «прочесать» полностью, а какие частично.
2. Настроить тепловизор, по возможности проверить настройки на ближайшем очаге.
3. Выбрать первый участок для «прочёса». Использовать канавы, дороги и собственный трек коптера над кромкой как ориентиры в ручном режиме, либо выбрать режим автоматического «прочёса».
4. Дополнительно пролететь над участками, где наиболее вероятно возникновение очагов.
5. Все подозрительные точки перепроверить дополнительно с более низкой высоты, в визуальном режиме и с помощью пешей разведки.
6. Отметить все найденные очаги с помощью фотографий; при необходимости сразу передать координаты наземной группе.
7. Иногда переключаться в визуальный режим, осматривать горизонт в поиске новых дымов.
8. «Прочесать» все запланированные участки.
9. Нанести треки коптера на карту для контроля качества разведки.
10. Обязательно проверить наземной группой все сомнительные точки, по возможности проверить все очаги для контроля результата.

Если проведение воздушной разведки требует согласования использования воздушного пространства, не забудьте совершить все контрольные звонки по регламенту (до и после полёта). В период проведения полёта вы должны быть доступны по каналам телефонной связи для служб Управления воздушным движением.

После выезда:

1. Составить подробную карту с очагами и треками беспилотника.
2. Написать отчёт.

Подробнее об алгоритмах настройки беспилотника, порядке обработки данных, использовании утилиты `jpeg to gpx` для извлечения координат очага из фотографий, правилах согласования полётов и многих других важных вещах вы можете прочесть на dlpinfo.org.



2020 г.