

Научная статья

УДК 528.88 (252.6)

doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.66.49.010

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

*Игорь Михайлович Ламков¹,
Евгений Александрович Пахомов¹,
Лариса Александровна Головина²*

¹Сибирский государственный университет водного транспорта, Новосибирск, Россия

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск, Россия

Автор ответственный за переписку: Игорь Михайлович Ламков, igor.lamkov@ya.ru

Аннотация. Ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при крушении летательных аппаратов на заболоченных территориях сопровождается особыми сложностями для спасателей. Некоторые болота являются непроходимыми даже для вездеходов, а спасательные плавательные средства невозможно использовать из-за густой растительности. В условиях сильно заболоченной территории невозможна посадка самолета или вертолета, а для развертывания временного полевого лагеря требуются дополнительные плавучие средства и материалы. Для проведения разведки места крушения воздушного судна сформулирована методика определения проходимости заболоченной территории с использованием данных дистанционного зондирования. Предлагаемые текстурные характеристики ландшафтных компонентов, полученные по материалам дистанционного зондирования, обеспечат аварийно-спасательные формирования более точными данными о заболоченной территории.

Ключевые слова: заболоченная территория, крушение воздушного судна, поисково-спасательные работы, изображение, объекты ландшафта

Для цитирования: Ламков И.М., Пахомов Е.А., Головина Л.А. Использование материалов дистанционного зондирования для информационного обеспечения спасательных работ на заболоченных территориях // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2022. № 1 (24). С. 110-116. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.66.49.010>.

Original article

THE USE OF REMOTE SENSING MATERIALS FOR INFORMATION SUPPORT OF RESCUE OPERATIONS IN WETLANDS

*Igor M. Lamkov¹,
Evgeniy A. Pahomov¹,
Larisa A. Golovina²*

¹Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russia

²Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia

Corresponding author: Igor M. Lamkov, igor.lamkov@ya.ru

Abstract. Conducting emergency rescue and other urgent work in the event of a crash of aircraft in wetlands is accompanied by special difficulties for rescuers. Some swamps are impassable even for all-terrain vehicles, and rescue swimming facilities cannot be used due to dense vegetation. In conditions of a heavily swampy area, it is impossible to land an airplane or helicopter, and additional floating facilities and materials are required to deploy a temporary field camp. When conducting reconnaissance of the crash site of an aircraft, a method is proposed for determining the patency of a wetland area using remote sensing data. The proposed textural characteristics of landscape components obtained from remote sensing materials will provide emergency rescue formations with more accurate data on the wetland area.

Key words: swampy area, aircraft crash, search and rescue operations, picture, landscape objects

For citation: Lamkov I. M., Pahomov E.A., Golovina L. A. The use of remote sensing materials for information support of rescue operations in wetlands // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2022. № 1 (24). С. 110-116. <https://dx.doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2022.66.49.010>.

В воздушном пространстве Российской Федерации ежедневно совершаются полеты на различных летательных аппаратах (самолетах, вертолетах, планерах, дельтапланах и др.). Нарушение нормального функционирования воздушного судна вследствие технических неисправностей, ошибок экипажа, воздействия внешних природно-климатических факторов приводит к авиационным происшествиям [1].

При падении воздушного судна незамедлительно организуются поисково-спасательные работы, включающие в себя обнаружение местоположения летательного аппарата, спасение и оказание помощи людям, их эвакуация в безопасное место [2; 3]. Поиск пропавших воздушных судов в природной среде в кратчайшие сроки и большим охватом территории осуществляется как пилотируемой техникой, так и беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Для доставки спасателей и оборудования к месту чрезвычайной ситуации на суше применяется высококомобильная техника – самолеты, вертолеты, автомобили, вездеходы [4]. Особенности применения данной техники достаточно полно приведены в публикациях Пупынина В.И., Пахомовой Д.И., Кривицкого М.Н. [5].

Важным этапом при проведении поисково-спасательных работ является разведка зоны происшествия. На основе разведки разрабатывается план проведения спасательных работ, определяются подъездные пути к месту происшествия, способы эвакуации пострадавших, обеспечение деятельности участников ликвидации чрезвычайной ситуации [6]. Для выдвижения к месту крушения воздушного судна аварийно-спасательные формирования должны снабжаться оборудованием, необходимым для ведения спасательных работ с учетом специфики территории [7].

Отдельным направлением ведения аварийно-спасательных работ в условиях природной среды является ведение поисково-спасательных работ на заболоченных территориях [8]. Статистический анализ поисково-спасательных операций показал, что существует тенденция к снижению общего количества человек, пропавших в природной среде [9]. Однако соотношение числа спасенных и числа погибших стабильно составляет 80% и 20%.

По данным гидрологических исследований, суммарная площадь болот занимает 1,4 млн км², что составляет 10 % от территории Российской Федерации [10]. В таежной зоне Западной Сибири заболоченность достигает 50–75 %, и это самый богатый болотами регион России [11].

Ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) при падении летательных аппаратов на заболоченные территории сопровождается особыми трудностями для спасателей. Следование по болотистой территории к месту чрезвычайной ситуации связано с риском для жизни. Из-за избытка влаги некоторые болота являются непроходимыми даже для вездеходов, а спасательные плавательные средства невозможно использовать из-за густой растительности и деревьев. В условиях сильно заболоченной территории невозможна посадка

самолета или вертолета, а для развертывания полноценного временного полевого лагеря требуются дополнительные плавучие средства и материалы. При значительной глубине болот (до 10 м) осложняется подъем обломков воздушного судна для дальнейшего расследования причин аварии.

Для ведения АСДНР на заболоченных территориях в первую очередь необходима информация о степени проходимости болот, которая может существенно изменяться в зависимости от времени года и метеоусловий.

Сведения о заболоченных территориях (степень обводненности, характер растительности) схематично представлены на картографических материалах (топографических картах, картах-схемах, географических картах) в виде соответствующих условных знаков [12]. При этом условные обозначения являются обобщенными и не позволяют сделать вывод о проходимости болота.

В целях получения более достоверной информации при исследовании территорий используются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которые включают исследования объектов по материалам космических съемок высокого разрешения и аэровизуальные наблюдения. Работа с космическими снимками создает массив данных для изучения территорий и планирования предстоящих работ. Аэровизуальные наблюдения используются для детализации исследуемой территории, выявления ее скрытых свойств, устранения неопределенности и многозначности имеющейся информации с помощью фиксации хорошо распознаваемых признаков [13].

Для заболоченных территорий такими признаками являются: ландшафтные (деревья, кустарники, мох, трава, кочки, бугры), морфометрические (площадь водной поверхности) и антропогенные (участки торфоразработок, дороги, просеки, тропы). Эти признаки дают представление о проходимости болот вне дорог, возможных проходах и опасных участках.

На снимках данные признаки являются отражением реально существующих ландшафтных рисунков, объединяющих характерную текстуру и структуру изображения объекта. Они включают в себя пространственное размещение отдельных элементов, характерную конфигурацию в виде линий, точек, геометрических фигур, площадей и их повторяемость [14]. Ландшафтные рисунки обладают достаточной устойчивостью даже для не однотипных видовых единиц, несмотря на изменчивость их отдельных составляющих.

При проведении разведки места крушения воздушного судна предлагается методика определения проходимости заболоченной территории с использованием данных дистанционного зондирования, представленная на (рис. 1).



Рис. 1. Основные этапы методики определения проходимости заболоченной территории с использованием данных дистанционного зондирования

Применение космических снимков эффективно с точки зрения уровня детальности благодаря мелкому масштабу [15]. На снимке проявляются крупные структуры, не видимые на поверхности земли вследствие своего размера. Линейные объекты различаются лучше, чем точечные, что выделяет наличие разных троп и дорог, порой невидимых вблизи, по которым судят о возможной проходимости болот. Кроме того, наблюдается естественная интеграция изображения, в том числе сглаживание контуров и слияние групп мелких объектов, что также является одним из характерных признаков видового состава болот.

В табл. 1 представлены компоненты ландшафта болот с разным уровнем проходимости и соответствующие им описания изображений, полученные по космическим снимкам высокого разрешения, находящихся в свободном доступе.

Таблица 1. Интерпретация объектов заболоченного ландшафта по космическому снимку для определения степени проходимости болота

Степень проходимости болота	Объекты заболоченного ландшафта	Рисунок изображения	Изображение заболоченной территории
Проходимое	Сосновый или березовый лес, кустарник, густой травяной покров, наличие бурелома, выступающая вода на поверхности, наличие мочажин с грядами и редкими деревьями на них, кочки, участки торфоразработок, дороги, тропы	Крупная зернистая структура кроны деревьев, более мелкая для кустарников, гладкая однородная поверхность для травяной растительности, пятнистая с расплывчатыми контурами – открытая вода, игольчатая с промежутками для буреломов	
Труднопроходимое	Отдельные редкие деревья, травяной и моховой покров, гряды и ложбины, редкий бурелом, небольшие открытые озера, кочки	Продолговатые зерна кроны отдельных деревьев, извилистые формы с промежутками для гряд и травяного покрова, блюдцеобразные формы открытой воды	
Непроходимое	Редкий угнетенный кустарник, сплошной моховой покров, чарусы и зыбуны-поверхности с яркими зелеными окнами, открытые трясинны, полужидкая поверхность	Округло-радиальные поверхности темного или коричневатого оттенка для трясин, пятнистые контура мохового покрова, мелкие отдельные зерна для кустарника	

Из практики применения космических снимков, находящихся в открытом доступе, чаще используются архивные данные с пространственным разрешением от 10 до 30 м. Поэтому мелкие детали ландшафтного рисунка (кустарники, мочажины, гряды, травяной и моховой покров и т. п.), являющиеся важным косвенным признаком характера заболоченной территории требуют уточнения при аэровизуальных наблюдениях.

Для аэровизуальных наблюдений применение маловысотных и малоскоростных самолетов и вертолетов неэффективно вследствие необходимости соблюдения размеров взлетно-посадочной полосы, которые в условиях труднодоступной территории выдерживать практически невозможно. Кроме того, для обслуживания таких летательных аппаратов требуется летно-технический персонал (от 3 до 7 человек) и специально подготовленные специалисты, ведущие аэровизуальные наблюдения (2 человека).

Поэтому в настоящее время широко используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или беспилотные авиационные системы (БАС). Одним из важных требований, предъявляемым к информации, получаемой системами БПЛА является детализация, под которой

понимается отчетливость фиксируемой информации, отсутствие смаза изображения, оптимальный контраст для возможности распознавания мельчайших деталей. Сами БПЛА при этом должны работать при любых метеоусловиях, иметь достаточный диапазон тактико-технических параметров. Более оптимальны для использования в труднодоступной местности БПЛА вертолетного (мультироторного) типа, так как они не требуют для вертикального режима взлета и посадки площадки строго определенного размера, что позволяет использовать даже небольшие открытые участки местности в залесенном, либо заболоченном природно-территориальном комплексе.

Преимуществом является также возможность зависать над необходимой точкой местности, что особенно важно при обнаружении и идентификации мелких деталей изучаемой территории.

Для определения минимального размера объекта, с уверенностью опознаваемому по изображениям, полученных при фотографировании или с помощью видеонаблюдений с БПЛА, можно воспользоваться приближенной формулой расчета [16]:

$$1/m = 1/AR_{\Phi}, \quad (1)$$

где m – знаменатель масштаба; A – минимальный размер объектов; R_{Φ} – суммарная разрешающая способность фотосистемы.

Разрешающая способность фотосистемы включает разрешение объектива и светочувствительной матрицы:

$$\frac{1}{R_{\Phi}^2} = \frac{1}{R_{\text{м}}^2} + \frac{1}{R_{\text{об}}^2}, \quad (2)$$

где $R_{\text{м}}$ – разрешающая способность матрицы камеры; $R_{\text{об}}$ – разрешающая способность объектива камеры.

Кроме того, на суммарную разрешающую способность фотосистемы влияют перемещение летательного аппарата в воздушном пространстве, работа винтомоторной группы БПЛА, что приводит к смазу изображения. Но так как при использовании мультироторных БПЛА есть возможность зависать над местностью, то в данном случае нет необходимости учитывать смаз изображения.

На примере БПЛА DJI Phantom 3 Professional, характеристики которого приведены в табл. 2, выполнен расчет минимального размера объекта, фиксируемого при аэровизуальных наблюдениях.

Таблица 2. Характеристики DJI Phantom 3 Professional

Модель	Технические характеристики	Летные характеристики	Оборудование
DJI Phantom 3 Professional	RTF, четырехвинтовой летательный аппарат. Вес с батареей и пропеллерами – 1280г. Рабочая температура от 0 до плюс 40 °C	Максимальная скорость взлета – 5 м/с Максимальная скорость полета в воздухе – 16 м/с. Максимальная дальность управления – 2 км. Максимальное время полета – около 23 мин. Максимальная высота съемки – 500м	Фотокамера Sony NEX-5, $f=16$ мм; $R_{\text{м}}=98$ мм ⁻¹ ; $R_{\text{об}}=50$ мм ⁻¹ ; $R_{\Phi}=45$ мм ⁻¹ . Видеозапись UND, FND, HD. Навигация GPS/ГЛОНАСС

В расчетах по определению минимального размера объекта была взята высота фотографирования $H=100$ м.

Подставляя значения в формулу (1) $f=16$ мм, $H=100$ м (величины, определяющие масштаб изображения), $R_{\Phi}=45$ мм⁻¹, минимальный размер опознаваемого объекта составил 15 см.

Обсуждение

Расчетные значения разрешающей способности снимков, полученные в ходе данного исследования, являются приближенными, так как в системе видеосъемки возможна потеря разрешения при сжатии снимков. Даже при существенной потере разрешения, при визуализации вполне определенно можно распознавать такие важные детали обводненной территории, как гряды, ложбины стока, имеющие ширину более 15 см, а также типы растительности (пушица, мох), характеризующие степень заболоченности и проходимости территории (рис. 2).



Рис. 2. Заросли пушицы (растение – индикатор наличия трясины):
а) космический снимок, разрешение 10 м; б) снимок, полученный с БПЛА, разрешение 15 см

Выводы

Предложенная методика способствует формированию более точной информации о степени проходимости заболоченной территории на стадии разведки, что обеспечит готовность аварийно-спасательных формирований к проведению АСДНР с соответствующим оборудованием и техникой. Ландшафтный рисунок, представленный описанием текстур, совместно с аэровизуальными наблюдениями с БПЛА позволяет выделить также объекты природной среды, которые возможно использовать в качестве подручных материалов при ведении АСДНР (видовой состав древесной растительности, таксационные характеристики).

Список источников

1. Чугунов В. И. Поисковое и аварийно-спасательное обеспечение полетов авиации. Организация авиационной службы поиска и спасения: учеб. пособие. – СПб.: Академия ГА, 2004. – 105 с.
2. Об утверждении Федеральных авиационных правил «Аварийно-спасательное обеспечение полетов воздушных судов: приказ Министерства транспорта РФ от 26.11.2020 № 517.
3. Береснев Д. С. Планирование при проведении поисково-спасательных работ в природной среде // Материалы 4-1 международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности-2015». – М., 2015. – С. 488–493.
4. Харисов Г. Х., Калайдов А. Н., Фирсов А. В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учеб. пособие / под общей ред. Овсянника А. И. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 276 с.
5. Пупынин В. И. Пахомова Д. И. Кривицкий М. Н. Опыт применения беспилотных воздушных судов при проведении аварийно-спасательных работ // Современные проблемы создания и эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов в системе МЧС России: сб. трудов секции № 10 XXIX Международной научно-

- практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь», 21 марта 2019 года. – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2019. – С. 25–30.
6. Одинцов Л. Г., Андреев А. В., Акимов В. А. Технические средства проведения и обеспечения аварийно-спасательных работ: справочное пособие. – М.: НПЦ «Средства спасения», 2009. – 256 с.
 7. Мингалеев С. Г., Курсаков А. В. Профессиональная подготовка спасателей для проведения аварийно-спасательных работ // Технологии гражданской безопасности. – 2007. – № 2 (14). – С. 18–20.
 8. Матвеев В. Н., Бокарев А. И., Смирнов В.Д. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учеб. пособие / Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – 184 с.
 9. Береснев Д. С. Информационно-аналитические модели и алгоритмы поддержки управления поисково-спасательными операциями в природной среде: дис. канд-та техн. наук: 05.13.10. – М., 2019. – 135 с.
 10. Инишева Л. И. Болотоведение: учебник для вузов / ГОУ ВПО «Томский государственный педагогический университет». – Томск: Изд-во Томского государственного педагогического университета, 2009. – 210 с.
 11. Маслов Б. С. Гидрология торфяных болот: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского государственного педагогического университета, 2008. – 424 с.
 12. Бартаев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лупян Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. – М.: ИКИ РАН, 2016. – 208 с.
 13. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: учебник. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 416 с.
 14. Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учеб. пособие. – Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – 190 с.
 15. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков: учебник для вузов – М.: Недра, 1983. – 373 с.
 16. Головина Л. А., Гордиенко А. С. Ламков И.М. Обоснование характеристик беспилотной авиационной системы при ведении поисково-спасательных работ на заболоченных территориях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 4 : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск: СГУГиТ, 2021. № 1. – С. 3–10.

Информация об авторах

И.М. Ламков - кандидат технических наук
Е.А. Пахомов - кандидат медицинских наук, доцент

Information about the author

I.M. Lamkov - Ph.D. of Engineering Sciences
E.A. Pahomov - Ph.D. of Medical Sciences, Docent

Статья поступила в редакцию 26.12.2021; одобрена после рецензирования 16.02.2022;
принята к публикации 21.03.2022.

The article was submitted 26.12.2021, approved after reviewing 16.02.2022, accepted for
publication 21.03.2022.