

## ИНФОРМАТИВНОСТЬ ДАННЫХ БПЛА ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

**В. В. Ольгомец**

кафедра геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и геоинформатики  
Белорусского государственного университета, г. Минск, leraolgomec@gmail.com

**А. А. Топаз**

к.г.н., доцент кафедры геодезии и космоаэрокартографии факультета географии и  
геоинформатики Белорусского государственного университета

В работе раскрывается понятие топографического дешифрирования, изучается спектральная отражательная способность и основные дешифровочные признаки объектов по материалам съёмки беспилотного летательного аппарата – гексакоптера Air-Con 3. На основе предложенных аэроснимков создан ортофотоплан. С целью выбора наиболее информативного канала для дальнейшего дешифрирования разработана таблица изображения основных топографических объектов в зависимости от спектрального интервала, проведён анализ информативности материалов БПЛА в разных диапазонах спектра. Поскольку наибольшие затруднения для дешифрирования представляет растительность, в качестве наилучшего выбрана ближняя инфракрасная зона спектра. В результате исследований по участку ортофотоплана в данном диапазоне создана цифровая модель ситуации.

**Ключевые слова:** дешифрирование; снимок; спектральная отражательная способность; БПЛА; инфракрасная зона; видимый диапазон; спектр.

В сфере аэрофотогеодезии становится всё более популярным использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в фотограмметрических целях. Ключевыми преимуществами данной тенденции являются оперативность получения данных и относительно низкая стоимость реализации подобных проектов [1].

Актуальность работы объясняется ростом популярности использования БПЛА, а также высокой точностью и информативностью получаемых материалов для топографического дешифрирования и изучения динамики процессов и явлений при малой разработанности данного вопроса.

Цель исследования заключалась в оценке информативности данных БПЛА для топографического дешифрирования с представлением результатов в цифровом виде.

Объектом исследования была выбрана территория УГС «Западная Березина», расположенная в Воложинском районе Минской области на правом берегу реки Березина.

В качестве основных исходных материалов использовались воздушные снимки с гексакоптера Sovzond Air-Con 3, применяющегося для обеспечения учебного процесса на кафедре геодезии и космоаэрокартографии ФГиГ БГУ.

Под дешифрированием снимков следует понимать получение информации об объектах местности и явлениях географической среды по их фотографическому изображению, основанное на знаниях закономерностей фотографического

воспроизведения их оптических и геометрических свойств, а также на знаниях закономерных взаимосвязей пространственного размещения объектов [2].

Существует ряд дешифровочных признаков – свойств и характеристик объектов, которые непосредственно изображаются на аэрофотоснимках и могут восприниматься дешифровщиком визуально или с использованием технических средств. При выполнении дешифрирования были использованы следующие прямые признаки: фототон, форма и размер, рисунок изображения.

Форма объектов может быть геометрически определенная (антропогенные объекты) и геометрически неопределенная (природные объекты). Фототоном принято называть оптическую плотность изображения на чёрно-белых снимках при визуальном анализе. Сочетание и закономерное повторение контуров разных размеров и формы образует рисунок фотоизображения. В исследуемых материалах присутствуют следующие виды рисунков: пятнистый (небольшие озёра, заболоченные местности), прямолинейный (дорожная сеть), древовидный (овражно-балочная сеть), зернистый (лесные массивы), полосчатый (пашня), дугообразный (гривистая пойма), прямоугольный (сельскохозяйственные земли).

На начальном этапе работа производилась непосредственно с мультиспектральными снимками, полученными в результате запусков гексакоптера Air-Сon 3 1 июня 2019 года. Высота полёта составляла 100 метров.

Мультиспектральная съёмка – вид фотосъёмки, в процессе которой происходит получение фотографических изображений одновременно в различных зонах спектра электромагнитных волн. Такая фотосъёмка эффективнее аэрофотосъёмки в отдельно взятой спектральной зоне, так как в зависимости от длины волны меняется отражательная способность как природных, так и искусственных объектов.

Для получения изображений в различных зонах спектра на гексакоптере Air-Сon 3 используется мультиспектральная камера Parrot Sequoia. Использование данной камеры позволяет получить изображения в следующих спектральных диапазонах: зелёном, красном, красном крае и ближнем инфракрасном. Пространственное разрешение аэроснимков составляет от 2 до 10 см на 1 пиксел, что позволяет использовать их для создания крупномасштабных топографических карт.

Существует множество программных продуктов, которые позволяют проводить обработку материалов съёмки БПЛА: Agisoft Photoscan, MicaSense Atlas, Pix4D. В нашем исследовании для работы был выбран программный продукт Agisoft PhotoScan 2018 года. Программа удобна в использовании, позволяет на основе цифровых снимков построить ортофотоплан, рассчитать вегетационные индексы и создать трёхмерную модель местности.

Для комплексной визуализации выбранных материалов и дальнейшей работы с ними необходимо было создать ортофотоплан местности. Обработка проходила в несколько этапов. В программу PhotoScan загружались исходные материалы. Снимки добавлялись сразу по всем доступным каналам. Для того, чтобы сшить все снимки в один фотоплан, по добавленным фотографиям программой сперва строится плотное облако точек, далее – тайловая модель. В завершении операции получаем ортофотоплан (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ортофотоплан, созданный в программе Agisoft PhotoScan  
[составлено автором]

Для дешифрирования необходимо было выбрать основной наиболее информативный канал. В связи с этим дальнейшая работа заключалась в визуальной оценке снимков во всех выбранных зонах спектра. Для выявления различий выделено несколько групп топографических объектов:

- населённые пункты (среди них: жилые строения, торговые объекты, объекты общественного питания, культурно-развлекательные объекты);
- дорожная сеть (улучшенные грунтовые дороги, грунтовые (просёлочные) дороги, полевые дороги, лесные дороги);
- гидрография и гидрологические сооружения (реки и ручьи, озёра, мост);
- растительный покров (сосновые леса, лиственные леса, заросли кустарника, естественные луга, заболоченные луга, закустаренные луга);
- другие земли (пашня, огороды).

Для сравнения информативности изображаемых подгрупп была разработана таблица с приведёнными эталонами, часть которой показана на рисунке 2.

Одним из видов антропогенных объектов являются строения. Наиболее контрастное изображение наблюдается в зелёной и красной зонах спектра, в том числе заметна разница в тоне различных строений на одном снимке, поскольку материал покрытия крыш имеет различную спектральную отражательную способность (СОС). В ближней инфракрасной (ИК) зоне и зоне красного края строения изображены однообразно, также фототон зданий может пересекаться с их тенью, что затрудняет дешифрирование.

Грунтовая дорога в видимой зоне спектра изображается наиболее ярко, практически белым цветом, что объясняется высокой СОС, связанной с песчано-гравийным покрытием, чем отличается от более тёмных полевых дорог, где покрытие преимущественно песчаное. В ИК зоне и зоне красного края дороги практически не выделяются на фоне остального изображения.

Объекты	Спектральные интервалы			
	550 нм (зелёная зона)	660 нм (красная зона)	735 нм (зона красного края)	790 нм (ближняя инфракрасная зона)
Строения				
Дорожная сеть: – грунтовые дороги				

Рисунок 2 – Фрагмент таблицы эталонов [составлено автором]

Водные объекты изображены более тёмным тоном и видны чётче в ИК зоне и зоне красного края. Это связано с уменьшением СОС воды к инфракрасной зоне, потому что длинноволновое излучение сильнее поглощается водой. В то же время надводная растительность выразительнее видна на снимках в зелёной зоне.

Растительный покров представляет наибольшую сложность для изучения. Растительность с большим количеством хлорофилла в листьях (лиственные леса, некоторые луга) имеют следующую спектральную кривую: небольшой пик в зелёной зоне, резкое падение в красной и очень высокий подъём в ближней ИК-зоне, в связи с этим наиболее тёмный рисунок лиственного леса наблюдаем в красной зоне, светлее в зелёной и наиболее яркий в ИК-зоне и зоне красного края. Здесь можно увидеть форму крон и примерно различить некоторые породы. Причём изображение хвойного леса значительно темнее из-за уменьшения биомассы и присутствия хвои вместо листьев. Для луговой растительности наблюдается примерно та же закономерность: в видимом диапазоне тон фотоизображения темнее, ярче – в ИК-зоне.

Пахотные земли легко отличить в любом из выбранных диапазонов, поскольку здесь основным дешифровочным признаком является их прямоугольная форма и полосчатый рисунок изображения. Тон изображения зависит от СОС различных сельскохозяйственных культур. В целом, СОС выше с приближением к ИК-зоне спектра.

Огороды, имеющие похожий рисунок изображения, отличаются от пашни меньшими размерами и расположены преимущественно в шаговой доступности от жилых построек. По фототону распознать их сложнее, чем пашню, но в видимом диапазоне спектра контраст выше.

Анализ информативности снимков в различных зонах спектра показал, что для дешифрирования различных категорий объектов необходимо использовать снимки, полученные в разных зонах, так как спектральная способность объектов различается в зависимости от длины волны. Поскольку наибольшую сложность

для анализа представляет растительность, для дальнейшего топографического дешифрирования в качестве основного канала был выбран ближний инфракрасный, по которому проводилась оцифровка.

Дешифрирование материалов БПЛА проводилось в программе Adobe Illustrator CC 2015. В качестве картографической основы использовалась часть ортофотоплана, созданного в программе Agisoft PhotoScan. В результате была получена цифровая модель ситуации (рисунок 3).



Рисунок 3 – Цифровая модель ситуации, созданная в программе Adobe Illustrator [составлено автором]

В ходе исследования была изучена технология получения снимков с БПЛА и выяснено, что данные материалы являются высокоточными и очень детальными. Разработана таблица изображения основных топографических объектов в зависимости от спектрального интервала. Проведён анализ информативности в различных зонах спектра, в результате которого выяснено, что в зелёной зоне отчётливо видны антропогенные объекты: дороги, строения, сооружения, в том числе различающие по материалу покрытия. В ближней инфракрасной зоне и зоне красного края чётко различимы типы растительности: лиственные и хвойные, также водные объекты. В красной зоне типы растительности почти не отличаются по тону. Хорошо видны лишь дороги и некоторые сооружения. Итогом выбора наиболее информативного канала (инфракрасной зоны спектра) является составление цифровой модели ситуации в программе Adobe Illustrator, что в дальнейшем в совокупности с цифровой моделью рельефа составит цифровую модель местности.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Обработка данных БПЛА в программе UASMaster [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://geomatica.ru/clauses/148/> – Дата доступа: 18.02.2020
2. Шалькевич Ф. Е. Методы аэрокосмических исследований: курс лекций. Минск: БГУ, 2005. 159 с.