

В целом, результаты работы показали, что библиотека EO-learn в значительной мере упрощает процесс проведения выборочных исследований для оценки состояния изучаемого объекта либо явления, обладает необходимым функционалом, а также значительным потенциалом дополнения для создания сложных многоуровневых процессов обработки материалов ДЗЗ, интегрированных в производственный процесс, а также самостоятельных программных продуктов, предоставляющих пользователю информацию, базирующуюся на данных ДЗЗ.

### **Библиографические ссылки**

1. Sentinel-2 [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/> Дата доступа: 28.02.2019.
2. EO-learn [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://eo-learn.readthedocs.io/en/latest/> Дата доступа: 28.02.2019.
3. Index Data Base [Электронный ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://www.indexdatabase.de> Дата доступа: 28.02.2019.

УДК 528.837

## **МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНАЯ СЪЁМКА С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Е. О. Хрущёва<sup>1)</sup>, А. А. Лукашик<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, [Khrushcheva@bsu.by](mailto:Khrushcheva@bsu.by)

<sup>2)</sup> Государственное предприятие «БелПСХАГИ», а.г. Прилуки, Беларусь,  
[lukashik.sasha@gmail.com](mailto:lukashik.sasha@gmail.com)

Представлены результаты экспериментальных исследований по мультиспектральной аэрофотосъёмке с беспилотного летательного аппарата Sovzond Air-Con 3 на территории географической станции «Западная Березина». Описан технологический процесс выполнения аэрофотосъёмки и обработки полученных материалов. Выявлены направления использования мультиспектральных данных полученных с беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: мультиспектральная съёмка; беспилотные летательные аппараты; аэрофотосъёмка, ортофотоплан.

**Введение.** В настоящее время космическая мультиспектральная съёмка позволяет оперативно получать данные высокого пространственного разрешения, однако если возникает необходимость получения таких данных с большей периодичностью, то встает вопрос о их стоимости. К тому же необходимо учитывать облачность, из-за которой доля отбракованных материалов космической съёмки резко увеличивается.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) давно получили широкое распространение в различных сферах жизнедеятельности человека. Они являются важным инструментом проведения исследований в лесном, сельском хозяйстве, аэрофотогеодезии, энергетике, добыче полезных ископаемых и т.д.

Их использование позволяет снизить стоимость реализации проектов и увеличить объём исходных данных [1, 2].

**Основная часть.** Мультиспектральная съёмка проводилась с беспилотного летательного аппарата Sovzond Air-Con 3 на территории геостанции «Западная Березина». В качестве полезной нагрузки на нём установлены камера Sony α6000, мультиспектральная камера Parrot Sequoia и GNSS RTK приёмник.

Мультиспектральная камера Parrot Sequoia устанавливается на специальном подвесе на гексакоптер. Она позволяет получать изображения в нескольких спектральных диапазонах: зелёном (длина волны 550 нм, полоса пропускания 40 нм), красном (длина волны 660 нм, полоса пропускания 40 нм), красном крае (длина волны 735 нм, полоса пропускания 10 нм) и ближнем инфракрасном (длина волны 790 нм, полоса пропускания 40 нм). Так как камера сама регистрирует координаты центров фотографирования, внесение поправок за смещение от основного приёмника не требуется [3].

Общая схема выполнения мультиспектральной съёмки и обработки полученных данных представлена на рисунке 1.

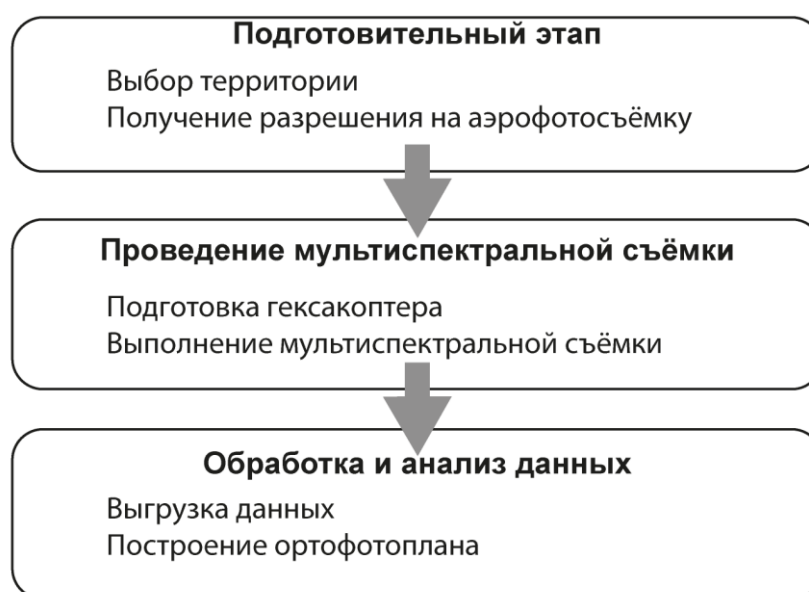


Рис. 1. Общая схема выполнения мультиспектральной съёмки [созд.авт.]

Подготовительный этап и обработка данных выполнялась в камеральных условиях. На подготовительном этапе был выбран исследуемый участок, оптимальные места запуска и посадки гексакоптера, определены параметры полета.

Настройка камеры осуществляется с помощью Wi-Fi через HTML-интерфейс. По умолчанию модуль Wi-Fi включён. Настройку можно выполнять как с помощью ноутбука, так и через браузер смартфона.

После подсоединения к дрону с помощью USB device, необходимо выполнить подключение к устройству Wi-Fi камеры. Затем в адресной строке интернет-браузера необходимо ввести адрес, по которому откроется HTML-

интерфейс настройки Sequoia. Интерфейс позволяет устанавливать следующие параметры:

- режим съёмки (одиночный снимок, съёмка через промежуток времени, съёмка через заданное расстояние);
- разрешение камер;
- место сохранения изображений.

Для выполнения съёмки через заданный промежуток времени можно указать необходимый интервал или рассчитать его, указав скорость, высоту полёта и перекрытие. В этом случае программа сама выберет оптимальное время между регистрируемыми изображениями.

Для построения полётного плана использовалась программа Mission Planner. Во вкладке FlightPlan отображается карта, на которой была выбрана территория, подлежащая исследованию. Затем правой кнопкой мыши в контекстном меню было выбрано AutoWP-SurveyGrid. Откроется окно с параметрами построения полётного задания. Задавалась высота полёта и угол линий маршрута (Altitude, Angle), можно подобрать такой угол, при котором протяженность каждой линии будет максимальной, что обеспечит максимальную производительность. В нашем случае, высота полёта составляет 100 м, это обусловлено требованиями законодательства в области выполнения полётов [4].

После того, как установили нужные значения, программа прорисовала на карте траекторию движения. Внизу окна указана площадь исследуемой территории, количество снимков и интервал между снимками, а также приблизительное время полёта и разрешение. Затем составленная полётная миссия сохраняется и записывается в память гексакоптера.

После выполнения всех вышеописанных пунктов гексакоптер Sovzond Air-Con 3 готов к выполнению поставленной миссии.

Обработка мультиспектральных изображений выполнялась в программе Agisoft PhotoScan в следующей последовательности:

*Выравнивание фотографий.* На данном этапе идёт поиск общих точек на снимках, определение элементов взаимного ориентирования снимков, формирование первичной модели местности, состоящей из общих точек (разреженного облака точек);

*Построение плотного облака точек.* На этом этапе выполняется повторный поиск общих точек, и определение их положения;

*Создание ортофотоплана.* Ортофотоплан создается автоматически путем трансформирования аэрофотоснимков [5].

В результате обработки получен ортофотоплан на исследуемую территорию (рис.2).

Готовое изображения можно использовать для расчёта вегетационных индексов (NDVI, NDRE, и т.д.). Основанные на таких расчётах карты можно применять в точном земледелии.

**Заключение.** В результате проведения мультиспектральной съёмки местности был получен ортофотоплан с разрешением 4 см/пк. Снимки были

получены в видимом, зеленом, красном, дальнем красном и инфракрасном участках спектра электромагнитных волн.

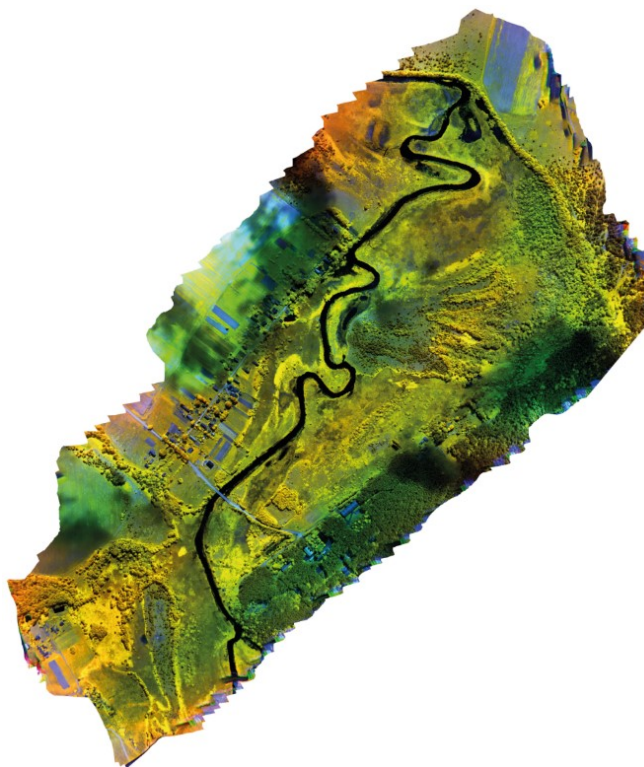


Рис. 2. Ортофотоплан, созданный по материалам мультиспектральной съёмки [созд.авт.]

Основным направлением использования материалов мультиспектральной аэрофотосъёмки можно считать сельское и лесное хозяйство. С помощью комбинаций каналов можно получить полную картину о состоянии почв, выявлять стадии вегетации сельскохозяйственных культур, выявлять очаги заражения растений на ранних этапах.

#### **Библиографические ссылки**

1. Zmarz, A. 2011, Application of UAV in forestry to acquire image data, Ph.D. thesis, WULS-SGGW, Warszawa.
2. Применение беспилотных летательных аппаратов в географических исследованиях / Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 22–23 мая 2018 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. 135 с.
3. Мультиспектральная камера Parrot Sequoia [Электронный ресурс]. 2019. URL: <https://bespilotnik.org/catalog/payload/multi-cam/969/> (Дата обращения: 17.07.2019).
4. Романкевич, А. П. Воздушная съёмка с использованием гексакоптера Sovzond Air-Соп 3 на территории ГС «Западная Березина» / А.П. Романкевич, Е.О. Хрущёва, А.А. Лукашик, Г.В. Черняков // материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, проведенного в рамках празднования Международного Дня ГИС 2018, Минск, Белорусский гос. ун-т, ноябрь 2018 г. / ; редкол.: Н. В. Жуковская (отв. ред.) [и др.]. Минск, 2018. С. 128–133.

5. Пошаговое руководство: Построение ортофотоплана и карты высот в программе Agisoft PhotoScan Pro 1.2 [Электронный ресурс]. 2019. URL: <http://agisoft.com> (дата обращения: 27.07.2019).

УДК 528.35

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

Г. В. Черняков <sup>1)</sup>, А. П. Романкевич <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> ГП «НИИ Белгипротопгаз», г. Минск, Беларусь, [gregchernyakov@yandex.by](mailto:gregchernyakov@yandex.by)

<sup>2)</sup> Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь, [rom.bsu@mail.ru](mailto:rom.bsu@mail.ru)

Описана технология применения аэрофотосъемки беспилотным летательным аппаратом при выполнении инженерно-геодезических изысканий. Выполнен анализ факторов влияющих на точность материалов аэрофотосъемки. Сделан вывод о целесообразности применения аэрофотосъемки при помощи беспилотного летательного аппарата при выполнении инженерно-геодезических изысканий в комплексе с наземной съемкой.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания; аэрофотосъемка; беспилотный летательный аппарат; точность аэрофотосъемки; наземная съемка.

**Введение.** Строительство любого объекта неразрывно связано с необходимостью проведения комплекса инженерных изысканий, важнейшей составляющей которого являются инженерно-геодезические изыскания. Результат инженерно-геодезических изысканий представлен топографическим планом заданного масштаба и точности, который служит основой для проектирования. И чем качественнее выполнены изыскания, тем успешнее будет выполнен проект.

Важнейшая проблема при выполнении инженерно-геодезических изысканий, это сроки выполнения работ. Они, как правило, всегда сжаты, и каждая организация стремится не выйти за временные рамки и при этом не потерять в качестве. Для того чтобы снизить сроки выполнения работ, нужно максимально, насколько это возможно, автоматизировать труд геодезистов-изыскателей [1]. Одним из наиболее перспективных и активно развивающихся направлений является аэрофотосъемка с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Использование БПЛА оправдано в тех случаях, когда необходимо быстро получить точную информацию о местности на большие территории.

**Основная часть.** На сегодняшний день аэрофотосъемка (рис.1) активно развивается благодаря появлению легких недорогих беспилотных летательных аппаратов и позволяет получить предварительный результат уже на следующий день, а окончательный — через какое-то время, гораздо меньшее по сравнению со временем, потраченным на выполнение геодезических изысканий только наземным способом [1].