

УДК 556.078

ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ ДЛЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д. И. ИСАЕВ *, Н. В. ЛАГАЙ **

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Россия*

Приводятся результаты использования дронов для выполнения гидрометрических работ, например: рекогносцировка русла, оценка русловых процессов, измерение скоростей потока. Активное применение дронов в таких областях как строительство, геологические и геодезические изыскания позволяют говорить о перспективности внедрения нового оборудования в гидрологические полевые работы.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.216>

Keywords: quadcopter, hydrometry, photo processing.

Введение. Сферы применения квадрокоптеров весьма многообразны, а их летно-технические качества приближаются к возможностям малой авиации. Несомненное преимущество “карманной авиации” состоит в возможности получить необходимую информацию здесь и сейчас. При этом метеорологические условия, при которых возможно применение дронов достаточно комфортны. На получение качественных результатов наблюдений в значительной степени влияют сильный (более 10 м/с) ветер и осадки, снижающие дальность видимости. При этом наличие плотной низкой облачности для большинства задач не является критичным. Использование в современных моделях дронов надежных навигационных систем значительно снижает требование и к навыкам пилотирования оператора. Для успешного выполнения полетного задания достаточно подложки в виде карты или космического снимка, грамотно спланированного маршрута съемки, а также правильно подобранных характеристик полета на основании решаемых задач.

Несомненным преимуществом является сокращение периода полевых работ за счет оптимизации проведения измерений и, как следствие, удешевление стоимости работ. Как уже было отмечено ранее, для выполнения большинства работ достаточно недорогого оборудования.

Методика исследования. Целью настоящего исследования является очертить возможный круг задач, которые могут решаться при использовании

* E-mail: dii2006@yandex.ru

** E-mail: lagay@mail.ru

беспилотной аэрофотосъемки в изыскательской практике для изучения гидрологических объектов суши. Следует отметить, что опыт, полученный при решении этих задач, основывался на использовании достаточно простого квадрокоптера *Walkera 350 pro*, оснащенного экшен-камерой *Go Pro3+*. Камера использовалась в режимах фото, серийная съемка со средним разрешением 7МП. Протяженность маршрута может достигать 3–4 км, что вполне достаточно для решения поставленных задач. Опытным путем установлено, что при угле обзора 70° размеры фотографируемой земной поверхности (без существенных искажений) соответствуют высоте полета. Так, при высоте полета 60–80 м на снимках легко различаются предметы размером в несколько сантиметров. В качестве опознаков использовались пункты полигонометрии, расположенные на территории учебной базы практик Даймище.

Очевидный вариант использования – это рекогносцировка местности, особенно труднодоступной и затрудняющей обзор. Получаемая с камеры картинка в режиме реального времени позволяет верно спланировать предполагаемые работы, наметить пути подхода к водному объекту, выявить его особенности.

Другой вариант – составление подробных планов местности на основе состыковки серии снимков. Для составления ортофотоплана может быть использована программа *Agisoft PhotoScan* – автономный программный продукт, который выполняет фотограмметрическую обработку цифровых изображений и генерирует трехмерные пространственные данные для использования в приложениях ГИС и создания визуальных эффектов, а также для косвенных измерений объектов различного масштаба [1–4]. Одним из преимуществ использования данной программы является учет в автоматическом режиме нелинейных искажений фотоснимков. Опыт создания подобных ортофотопланов позволяет рекомендовать для более надежной координатной привязки использование наземных маркеров с известными координатами.

Результаты исследований. Интересным представляется использование такой особенности квадрокоптера, как полет по заданному маршруту. Таким образом появляется возможность организации мониторинга какого-либо объекта. В качестве примера приводится мониторинг развития высшей водной растительности на р. Ордеж за теплый период года.



Рис. 1. Процесс зарастания русла р. Ордеж с апреля (слева) по август (справа) 2016 г.

Полет выполнялся по заранее разработанному маршруту на высоте 60 м. Перекрытие соседних снимков составляло 30%, что позволило уверенно составить ортофотоплан участка реки длиной около 200 м. Полученная информация помогла выявить особенности зарастания русла реки высшей водной растительностью, а также получить базовую информацию для оценки развития и взаимовлияния различных растительных сообществ.

Режим полета по маршруту может быть использован службами МЧС для разведки затопления территорий во время весеннего половодья или выдающегося паводка. Целесообразно заранее составлять маршруты облетов и выполнять облеты по мере необходимости [5].

Из теории известно, что вода по-разному пропускает лучи света различной длины. Поэтому, применение различных цветowych фильтров при постобработке снимков позволяет получать новые знания о водном объекте. Надежно определяются участки с разной степенью влажности почв. В качестве примера на рис. 2 приведен обработанный синим фильтром участок поймы, на котором отчетливо проступает заросшая старица, невидимая при наземном обследовании.



Рис. 2. Заросшая старица обнаруживается на пойме в синем фильтре по более темному цвету. Высота полета 80 м.

Применение оранжевого фильтра позволяет выявить конусы выноса донных отложений на небольших глубинах, а глубокая обработка снимков с ледяным покровом на реке вскрывает неоднородности ледяного поля. Пример такой неоднородности показан на рис. 3.

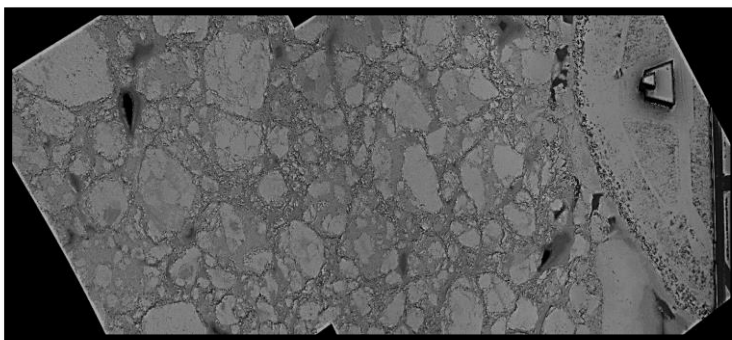


Рис. 3. Неоднородность ледяного покрова на р. Нева. Лед покрыт снегом толщиной 5–6 см. Высота полета 60 м.

С помощью квадрокоптеров может быть проведено измерение скоростного поля малой и средней реки. Для этого достаточно сбросить на поверхность воды груз и фиксировать камерой на режиме висения летательного аппарата расходящиеся по поверхности воды круги. Круги, попадая в неравномерное скоростное поле, в свою очередь деформируются. Сравнивая фронт распространения этой волны с вписанной окружностью можно получить эпюру поверхностных скоростей потока (рис. 4).

Высота полета была зафиксирована – 20 м. Желтая линия в центре снимка – перемещение начальной точки волнового возмущения. В данном эксперименте средняя скорость течения (правильная окружность) составила 0,26 м/с. Максимальную скорость по стрелке можно оценить, как 0,32 м/с.



Рис. 4. Деформация фронта волны в речном потоке.

Применение квадрокоптеров для натуральных исследований географических объектов в будущем способно значительно обогатить наши знания о природе, особенно, если будут созданы специализированные легкие датчики и сенсоры.

Заключение. В практике работы гидрологов применение квадрокоптеров может не только значительно облегчить выполнение полевых работ, но и дать новую, полезную информацию. Спектр применения дронов на нужды естественно-научных исследований будет только повышаться с развитием компактных дистанционных датчиков различной направленности. Активное применение дронов в смежных областях, таких как кадастр, строительство, геологические и геодезические изыскания позволяют говорить о перспективности внедрения нового оборудования в гидрологические полевые работы.

Поступила 18.10.2023

Получена с рецензии 30.11.2023

Утверждена 15.12.2023

ЛИТЕРАТУРА

1. *Agisoft Photoskan*. Фотограмметрическая обработка цифровых изображений и генерация трехмерных пространственных данных (2018).

2. Инструкция по аэрофотосъемочным работам (АФС) с помощью БПЛА DJI Phantom 4 Geobox RTK/PPK.
<https://geospb.ru/blog/articles/instrukciya-po-aerofotosemochnym-rabotam-afs-s-pomosshyu-bpla-dji-phantom-4-geobox-rtkppk>
3. Гаврилова Л.А., Лимонов А.Н. *Фотограмметрия и дистанционное зондирование*. Москва, Академический проект (2020), 296.
4. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов ГКИНП (ГНТА)-02-036-02. Москва, ЦНИИГАиК (2002).
5. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 No 60-ФЗ (ред. от 04.08.2023).

Դ. Ի. ԻՍԱԵՎ, Ն. Վ. ԼԱԳԱՅ

ԱՆՕՂԱԶՈՒԻ ԹՈՂՈՂ ՍԱՐՔԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՀԻՂՐՈՒՆԳԻԱԿԱՆ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ներկայացված են անօդաչու թռչող սարքերի օգտագործման արդյունքները հիդրոմետրիկ աշխատանքներ կատարելու համար, օրինակ՝ հունների հետախուզություն, հունային գործընթացների գնահատում, հոսքի արագությունների չափում: Անօդաչու սարքերի ակտիվ օգտագործումն այնպիսի ոլորտներում, ինչպիսիք են շինարարական, երկրաբանական և գեոդեզիական հետազոտությունները, թույլ են տալիս խոսել ջրաբանական դաշտային աշխատանքներում նոր սարքավորումների ներդրման հեռանկարների մասին:

D. I. ISAEV, N. V. LAGAY

APPLICATION OF DRONES FOR HYDROLOGICAL RESEARCH

Summary

The results of using drones to perform hydrometric work are presented, for example: channel reconnaissance, assessment of channel processes, and measurement of flow velocities. The active use of drones in such areas as construction, geological and geodetic surveys suggests the prospects of introducing new equipment into hydrological field work.