

СМУРОВ А. Е., ТЕСЛЕНОК С. А.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОДНЫХ АППАРАТОВ В КАРТОГРАФИРОВАНИИ И МОДЕЛИРОВАНИИ ¹

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения беспилотных водных аппаратов, получающих в последнее время все большее распространение, для целей картографирования и моделирования. Приведены примеры используемых приборов и датчиков, основанных на актуальных технологиях, которые позволяют планировать и реализовывать исследовательские проекты, отвечающие современным требованиям.

Ключевые слова: инновационные технологии, беспилотные технологии, беспилотники, беспилотные водные аппараты, топографо-геодезические работы, картографирование, моделирование.

SMUROV A. E., TESLENOK S. A.

USE OF UNMANNED WATER VEHICLES IN MAPPING AND MODELING

Abstract. The article discusses the use of unmanned water vehicles, which are becoming more wide-spread at present time, in mapping and modeling. The authors consider some examples of the use of sensors on unmanned water vehicles, based on current technologies, which allow you to do projects that meet modern requirements.

Keywords: innovative technologies, unmanned technologies, unmanned aerial vehicles, unmanned water vehicles, topographic and geodetic works, mapping, modeling.

Когда речь заходит об инновационных беспилотных аппаратах, то в подавляющей части подобных случаев ввиду имеются наиболее известные и получившие широкое распространение беспилотные летательные аппараты (как раз и называемые в разговорной речи «беспилотниками» или «дронами» (от англ. «drone» – трутень) – различные quadro-, гекса-, мультикоптеры (или просто коптеры) – БЛА, БПЛА) [2].

Они определяются как летательные аппараты без экипажа на борту. Согласно этому их ключевому признаку, Правила использования воздушного пространства Российской Федерации определяют БПЛА следующим образом: «летательный аппарат, выполняющий полет без пилота (экипажа) на борту и управляемый в полете автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов» [9]. Аналогичное определение, в котором единственным признаком БПЛА считается отсутствие пилота, употребляет в США Министерство обороны [10].

¹ Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект № 19-05-00066 «Пространственно-временные закономерности инновационного развития сельского хозяйства регионов России»).

Как видим, разные БПЛА могут иметь разную степень автономности – от управления оператором дистанционно до полностью автоматических, и различаться по конструктивно, по целевому назначению и большому числу других параметров. Процесс управления БПЛА так же может различаться: это может быть или эпизодическая (порционная) подача команд, или непрерывная (в этом случае БПЛА получают название дистанционно-пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА) [2] Все указанные особенности относятся и к другим типам и видам беспилотных аппаратов (БПА). Среди них известны телетанки (ТТ) – танки без экипажа, управляемые на расстоянии, а в последнее время – беспилотные автомобили – транспортные средства, оборудованные системой автоматического управления, которые могут передвигаться без участия человека. Главное преимущество БПА перед пилотируемыми (при равной эффективности выполнения поставленных задач) – значительно меньшая стоимость создания и эксплуатации [2]. Значительно меньше на слуху беспилотные водные аппараты (беспилотные плавательные аппараты – надводные и подводные, водные беспилотники, морские дроны [5] (БПВА). Среди них наибольший интерес в настоящее время вызывает российский проект беспилотного подводного аппарата «Посейдон» военного назначения [8]. Но БПВА, прежде всего представленные в судомодельном спорте радиоуправляемыми моделями, известны очень давно.

В настоящее время серьезные фундаментальные разработки перспективной инновационной техники и технологии БПВА ведутся в Израиле, США, России, КНР. В российском сегменте этого рынка наиболее известны такие компании как «Центр беспилотников ARMAIR» [5] и «АО «ПРИН» Водные беспилотные аппараты» [6], которые поставляют на рынок подводные и надводные беспилотники гражданского назначения. Благодаря этому БПВА в настоящее время получили достаточно широкое распространение и применение, а эта технология активно используются в сфере картографии и геоинформатики. Если специфика применения новых технологий в производстве традиционных топографо-геодезических работ на суше определена [7], в т. ч. и с использованием БПЛА [3; 4], то применительно к подобным работам в водной среде здесь остается еще много нерешенных вопросов. Однако, необходимо учитывать, что оборудование, приборная база и инструменты БПВА за достаточно длительный период времени претерпели не просто большие, а поистине революционные изменения. Пройден путь от использования целой команды геодезистов с громоздкими эхолотами и лазерными сканерами, крепящимися на лодки и осуществлявшими съемку, до компактных БПВА с комплектом надежного оборудования, которые могут перемещаться и управляться в ряде случаев всего лишь одним человеком. Основные направления исследований, в решении которых целесообразно применение БПВА в гидрологическом картографировании и

моделировании – это гидрография и гидрометрия, предупреждение и ликвидация последствий опасных гидрологических явлений, широкий круг водно-экологических проблем [1]. Причем перечень решаемых с использованием водных беспилотников задач напрямую зависит от оборудования, которым они оснащаются.

При рассмотрении комплектации БПВА «Apache 6 USV Norbit IWBMS» от компании «ПРИН», позиционируемого как беспилотный дрон для выполнения специализированных работ на внутренних водоемах и морском мелководье выявлено, что перечень его оснащения может быть разнообразным: многолучевой эхолот, однолучевой эхолот, гидролокатор бокового обзора, профилограф скорости течения, лазерный сканер, донный профилограф и другое оборудование[1].

Многолучевой эхолот используется для проведения площадной съемки дна. При этом он распространяет акустические импульсы (лучи) веером, таким образом захватывая за один проход широкую полосу дна (см. рис. 1).

Основной функцией *однолучевого эхолота* является определение глубин. Измеряя время прохождения акустических сигналов установленной частоты до дна и обратно, он позволяет вычислить дискретные значения глубин в различных точках. Кроме промера глубин, эхолоты используются для построения профилей и определения примерной структуры дна, поиска объектов на дне и в толще воды (см. рис. 2).

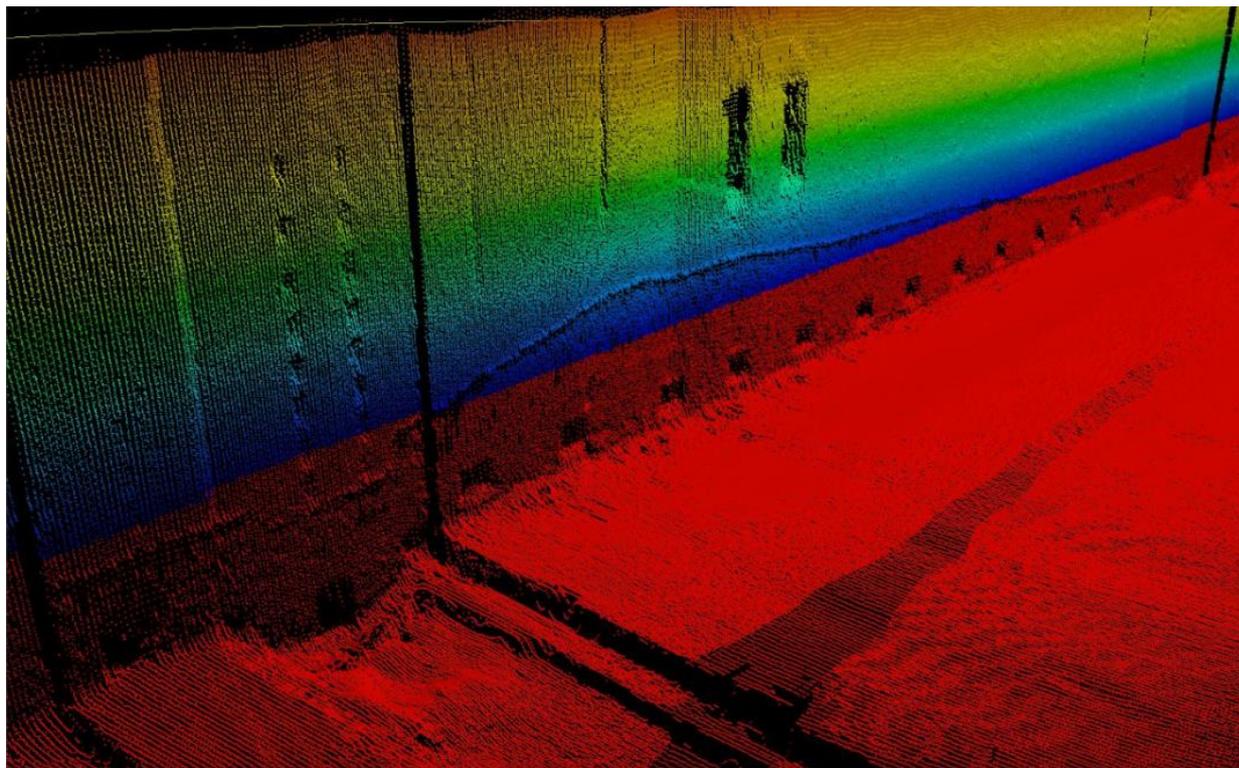
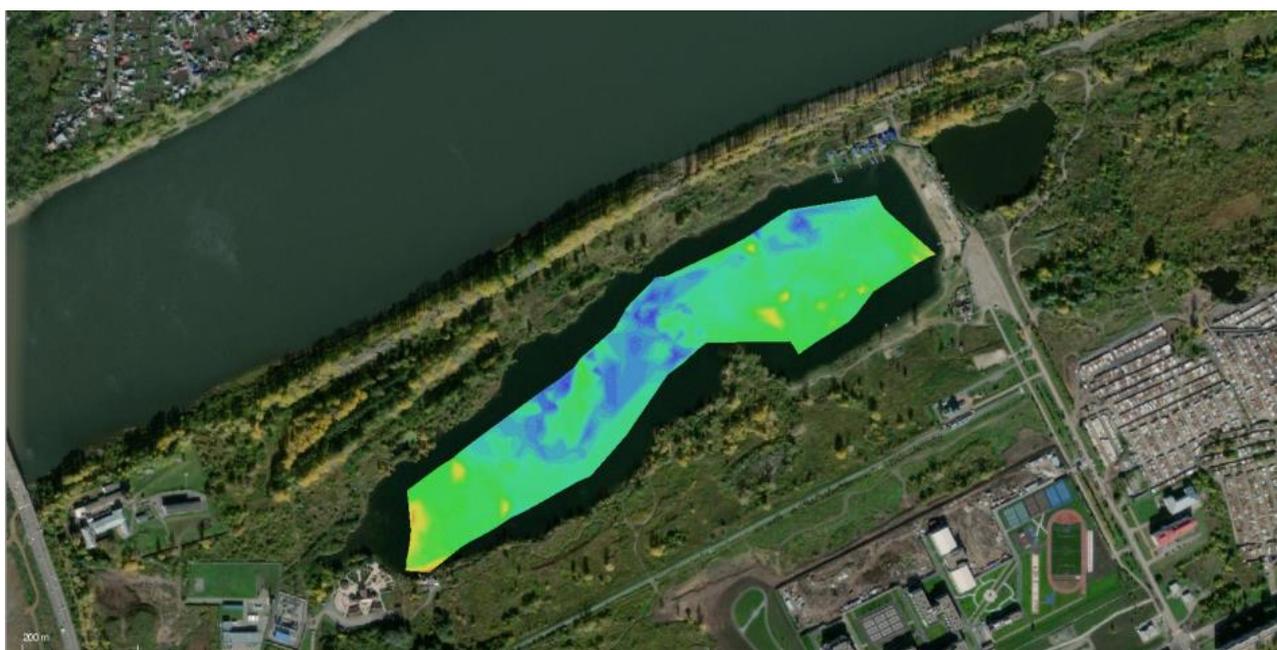


Рис. 1. Пример цифровой модели рельефа участка дна водоема, полученной по результатам площадной съемки многолучевым эхолотом [1].



А



Б

Рис. 2. Схема промеров глубин водоема (а) и полученный по их результатам профиль дна (б) [1].

Гидролокатор бокового обзора позволяет получать высококачественное акустическое изображение дна на основе интенсивности отраженного сигнала и применяется для получения отличительных особенностей форм подводного рельефа. Его использование совместно с эхолотом позволяет получить информацию об особенностях рельефа отдельных участков дна водоемов (см. рис. 3).

Профилограф скорости течения, построенный на принципе использования доплеровского сдвига акустических сигналов, отраженных от частиц водного потока, дает

возможность измерить скорость водного потока на различных глубинах.

Лазерный сканер, измеряя расстояния и направления, позволяет вычислять координаты точек над поверхностью воды. Сканирование проводится широкой полосой и с высокой частотой съемки, поэтому за одну секунду съемки возможно получение данных о сотнях тысяч таких точек. Совместное использование лазерного сканера и многолучевого эхолота обеспечивает практически полное покрытие съемкой как надводного, так и подводного пространства.

Донный профилограф по принципу работы представляет собой эхолот, но благодаря низким частотам излучения и большей мощности обеспечивается проникновение акустического сигнала глубоко в донный грунт. Это дает возможность получить картину вертикальной структуры донных отложений, необходимую при планировании и осуществлении подводного строительства, вычисления объемов отложений, а также провести поиск объектов, заглубленных в слое грунта (например, подводных трубопроводов и кабелей).

БПВА способствуют подробному и детальному изучению донной поверхности и, что является одним из самых главных достоинств – данную технологию и соответствующее оборудование можно применять в труднодоступных регионах.

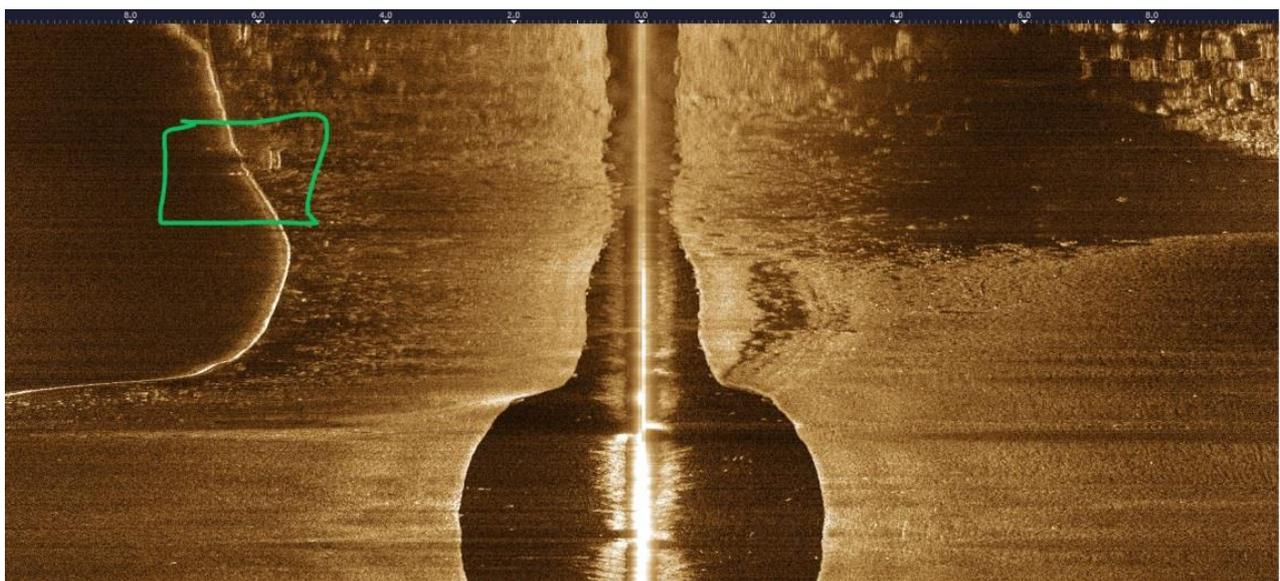


Рис. 3. Результат совместного использования гидролокатора бокового обзора и эхолота – растровое изображение участка дна водоема [1].

Благодаря тому что БПВА можно оснащать большим числом навесного оборудования, имеется возможность фиксировать отдельные показатели, не затрачивая дополнительного времени.

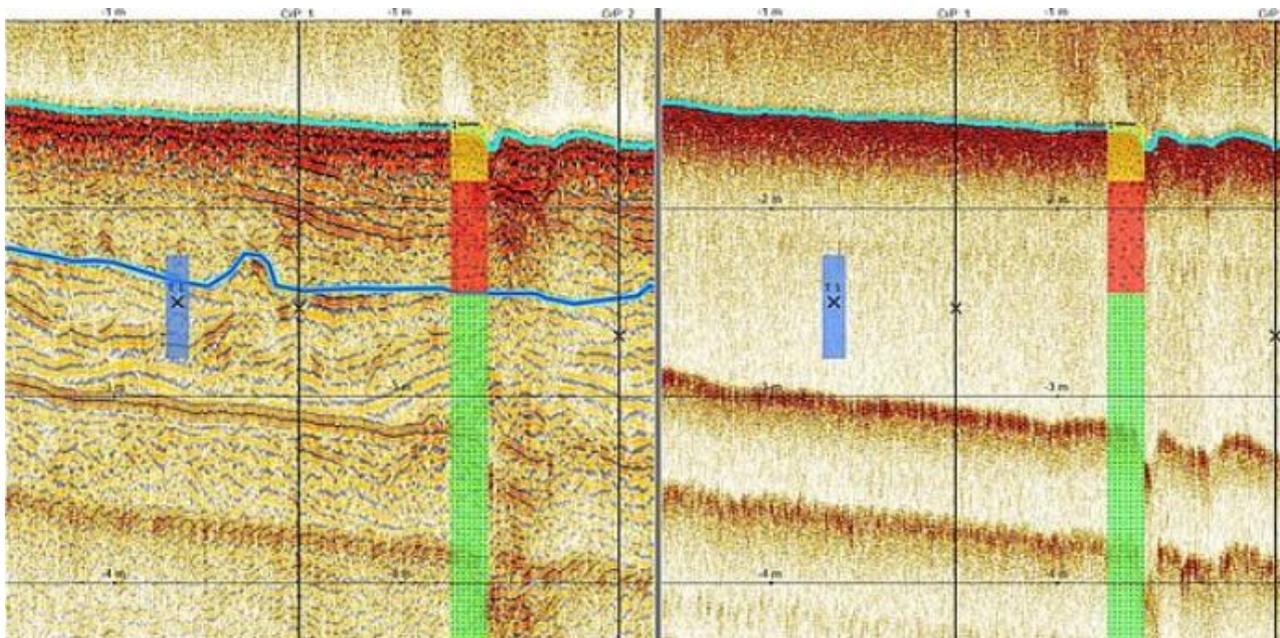


Рис. 4. Вертикальный профиль донных отложений, полученный в результате работы донного профилографа [1].

Приведем примеры применения беспилотных дронов непосредственно в картографии. В примере работ АО «ПРИН» были решены задачи гидрографической съемки и построения батиметрической карты дна озера Синхай (Китай), результаты которых были положены в основу предпроектных и проектных изысканий и использованы при дальнейшем строительстве железной дороги, проходящей по акватории озера. В процессе картографических работ и моделирования с помощью водного беспилотника Aracne 6, оборудованного однолучевым эхолотом, производилась батиметрическая съемка дна полосой шириной 100 м вдоль каждой стороны железной дороги. По результатам съемки построена трехмерная модель рельефа участка дна и поперечные профили полосы отвода. Также БПВА могут широко применяться при планировании и осуществлении экологического мониторинга, в картографировании и моделировании его результатов и определения на этой основе источников, размеров и области распространения загрязнений, отбора проб воды с целью определения и последующего картографирования и моделирования основных физико-химических параметров водных масс. Повторные измерения по постоянному маршруту позволили организовать систему мониторинга состояния озерного дна: перед началом строительства, в его процессе, и после его завершения [1].

Использование БПВА в гидрологическом, гидрографическом, геоэкологическом картографировании и моделировании в целях различных отраслей экономики развивается во многих странах. Подобные работы известны в России, США, Италии, Китае, Германии, Дании, ЮАР и ряде других государств. Они касаются сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры, рыбоводства, аквакультуры, предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Решения широкого круга гидрологических и водно-экологических вопросов, связи поверхностных и подземных вод, особенностей подруслового стока, движения влаги в почве и многих других вопросов и проблем.

Несомненно, БПВА в ближайшее время заслуженно займут свое достойное место и будут играть значимую роль в нашей жизни, автоматизировав и упростив многие процессы нашей жизнедеятельности. И особенно актуально развитие таких инновационных технологии, оборудования, приборов и техники, как БПВА в нашей стране, в условиях жестких экономических санкций и ограничений со стороны Запада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация гидрографии и гидрологии на небольших водоемах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gidro.prin.ru> (дата обращения 18.11.2020).
2. Беспилотник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотник> (дата обращения 18.11.2020).
3. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Манухов В. Ф., Калашникова Л. Г. Особенности технологии аэрофотосъёмки с применением беспилотных воздушных судов // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81. – № 8. – С. 58–64. DOI: 10.22389/0016-7126-2020-962-8-58-64.
4. Варфоломеев А. Ф., Стешин И. А. Особенности создания крупномасштабных цифровых ортофотопланов с использованием беспилотных летательных аппаратов // XLV Огаревские чтения: Материалы научной конференции: в 3-х частях. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – С. 140–144.
5. Водные беспилотники и морские дроны от компании ARMAIR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bespilotnik24.ru/vodniy/> (дата обращения 18.11.2020).
6. Водные беспилотные аппараты АО «ПРИН. Геодезическое оборудование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prin.ru/bpa/vodnye/> (дата обращения 18.11.2020).
7. Манухов В. Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
8. Посейдон (подводный аппарат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Посейдон_\(подводный_аппарат\)#cite_note-1](https://ru.wikipedia.org/wiki/Посейдон_(подводный_аппарат)#cite_note-1) (дата обращения

18.11.2020).

9. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 № 138 (ред. от 12.07.2016) «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=201851#0> (дата обращения 18.11.2020).

10. Joint Publication 3-30. Command and Control of Joint Air Operations. 10.02.2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20141222114848/http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_30.pdf (дата обращения 18.11.2020).